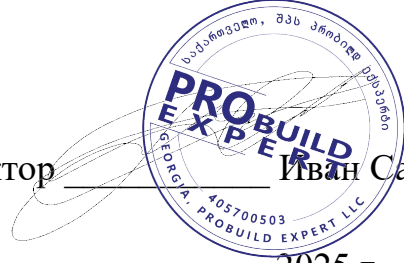




*PROBuild Expert LLC  
i/n 405 700 503  
JSC Bank of Georgia, SWIFT: BAGAGE22  
IBAN: GE40BG0000000592280053GEL*

Директор \_\_\_\_\_ Иван Савченко



\_\_\_\_\_. 2025 г

Обследование технического состояния железобетонной конструкции чаши  
действующего радиального сгустителя П-18 №4  
Договор №05/08/2025 от 05.08.2025

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

**Савченко Иван** Руководитель экспертизы. Исполнитель полевых работ. Инженер по обследованию зданий и сооружений. Опыт работы более 5 лет.

Удостоверение ОБ № 192535 от 07.10.2022 г., аттестовано на право выполнения функций по обследованию зданий и сооружений, специализация: строительные конструкции, ИРУП «Белстройцентр» МАиС Республики Беларусь, срок действия до 07.10.2027 г.

Диплом А № 1487307 от 30.06.2020 г., Полоцкий государственный университет, Промышленное и гражданское строительство, инженер-строитель

**Бобрук Евгений** Руководитель экспертизы. Исполнитель полевых работ. Инженер по обследованию зданий и сооружений. Опыт работы более 20 лет.

Магистр технических наук. Свидетельство ОБ № 195004 от 02.12.2022 г., аттестовано на право выполнения функций по обследованию зданий и сооружений, специализация: строительные конструкции, ИРУП «Белстройцентр» МАиС Республики Беларусь, действительно до 02.12.2027 г.


Диплом А № 0025748 от 29.04.2003 г., Минский энергетический колледж, Промышленное и гражданское строительство, техник-строитель

Диплом А № 0525202 от 29.01.2008 г., Белорусский национальный технический университет, Промышленное и гражданское строительство, инженер-строитель

Диплом магистра А № 0026152 от 30.12.2011 г., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций, магистр технических наук»

**Дмитрий Шуранов.** Специалист по обследованию. Инженер по обследованию зданий и сооружений. Опыт работы более 5 лет.

Диплом А № 1487342 от 30.06.2020 г., Полоцкий государственный университет, Промышленное и гражданское строительство, инженер-строитель

						05/08-2025-TR			
		Лист	№ док	Подп.	Дата				
Директор	Савченко				09.2025	Обследование технического состояния железобетонной конструкции чаши действующего радиального сгустителя П-18 №4			
Инженер	Бобрук				09.2025				
Инженер	Шуранов				09.2025				
									
						<div>Стадия</div> <div>Стр.</div> <div>Страниц</div>			

## СОДЕРЖАНИЕ

Обозначение	Наименование	Стр.
Техническое заключение		
05/08-2025-TR	1. Перечень терминов и определений	4
05/08-2025-TR	2. Методика обследования	6
05/08-2025-TR	3. Введение	7
05/08-2025-TR	4. Архитектурно-конструктивная схема	8
05/08-2025-TR	5. Результаты обследования конструкций железобетонной чаши сгустителя №4	9
05/08-2025-TR	6. Выводы	31
05/08-2025-TR	7. Рекомендации	33
05/08-2025-TR	8. Литературные источники	36
Приложение А		
05/08-2025-А	Прилагаемые и ссылочные документы	
Приложение В		
05/08-2025-В	Графические материалы	
Приложение С		
05/08-2025-С	Лабораторные изыскания	

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕРМИНОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЙ

**I - исправное (хорошее) состояние** - малозначительные дефекты устраняются в процессе технического обслуживания;

**II - работоспособное (удовлетворительное) состояние** - имеющиеся дефекты не приводят к нарушению работоспособности конструкции в данных конкретных условиях эксплуатации, но в перспективе могут снизить ее долговечность. Дефекты устраняют в процессе технического обслуживания и текущего ремонта, уточненные сроки которого могут быть назначены аттестованным специалистом по обследованию зданий. При фактических нагрузках и воздействиях эксплуатация конструкции допускается без ограничений до очередного обследования;

**III - ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние** - ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) состояние: имеющиеся дефекты оказывают некоторое влияние на несущую способность конструкции, но опасность внезапного разрушения отсутствует. Эксплуатация конструкции при фактических нагрузках разрешается при периодическом контроле ее состояния, строгом соблюдении всех эксплуатационных требований, при возможных ограничениях некоторых параметров эксплуатации. Требуется детальное обследование и расчет конструкции с оценкой степени ее нагруженности, а также разработка мероприятий по ремонту и, при необходимости, усилению конструкции;

**IV - неработоспособное (неудовлетворительное) состояние** - техническое состояние, при котором значение хотя бы одного показателя не обеспечивает выполнение зданием, его отдельными элементами заданных функций в соответствии с назначением, требованиями безопасности для жизни и здоровья людей, охраны окружающей природной среды, необходимо срочное ограничение нагрузок. Требуется капитальный ремонт, усиление или замена элементов или конструкций (уточняется расчетом);

**V - предельное (предаварийное) состояние** - состояние здания (его отдельных элементов), при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или восстановление работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно вследствие появления чрезмерных прогибов, трещин, локального или общего разрушения и других признаков ресурсного отказа, требуется вывод людей из опасной зоны, срочная разгрузка конструкций и (или) устройство временных креплений с последующей разборкой и заменой конструкций.

**Дефект** - каждое отдельное несоответствие здания, его отдельных элементов требованиям проектной и нормативной документации.

**Значительный дефект** - дефект, который существенно влияет на использование здания по назначению и (или) на его долговечность, но не является критичным.

**Критический дефект** - дефект, при наличии которого использование здания по назначению практически невозможно или недопустимо.

**Износ** - процесс ухудшения показателей эксплуатационных качеств здания, его отдельных элементов во времени с учетом изменяющихся требований к ним.

					05/08-2025-TR	Стр.
						4
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



**Физический износ** - ухудшение технических и связанных с ними других показателей эксплуатационных качеств здания, его отдельных элементов на определенный момент времени.

**Моральный износ** - несоответствие современным требованиям основных параметров здания, определяющих условия проживания или производства, объем и качество предоставленных услуг современным требованиям.

**Обследование** - комплекс работ по сбору, обработке, систематизации и анализу данных о техническом состоянии здания, его отдельных элементов, оценке их технического состояния и степени износа.

**Повреждение** - дефект, образовавшийся в результате воздействий (климатических, механических, химических и других).

**Техническое состояние** - совокупность свойств, характеризующих степень соответствия здания, его элементов требованиям проектной и нормативной документации.

При оценке несущих свойств конструкций дефекты подразделяются на разряды **критических** (1 класс,  $\Delta > 40\%$ ), **значительных** (2 класс,  $\Delta \leq 40\%$ ), **малозначительных** (3 класс,  $\Delta \leq 10\%$ ), где величина  $\Delta$  - превышение или занижение (в небезопасную сторону) фактического значения контролируемого параметра по сравнению с его предельным (максимальным или минимальным) значением.

По количеству (степени распространения) дефекты и повреждения различают на **единичные** - занимающие до 10% площади, линейного размера или количества, **многочисленные** - до 40%, и **массовые** - свыше 40%.

По степени ответственности элементы или их составные части различают на **первой степени ответственности** - элементы, локальный отказ которых может привести к полному или ограниченному отказу системы элементов, к значительному снижению показателей эксплуатационных качеств конструкций или помещений, к существенному ухудшению основных технико-экономических показателей, **второй степени ответственности** - элементы не относящиеся к первой степени.

**Допустимые отклонения** - отклонения, наличие которых не препятствует работоспособности конструкции.

**Недопустимые отклонения** - отклонения, наличие которых приводит конструкцию в ограниченно работоспособное или неработоспособное состояние.

**Отклонения проектных решений** - отличия конструктивных решений, принятых в проектной документации обследуемых конструкций, от требований современных норм и современной конструктивной формы.

**Отклонения действительного состояния конструкций** - отличия от предусмотренных проектной документацией пространственного положения, геометрических размеров, формы и сплошности конструкций и элементов, качества, сечения и размещения соединительных элементов, свойств стали конструктивных элементов и соединений.

					05/08-2025-TR	Стр.
						5
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## 2. МЕТОДИКА ОБСЛЕДОВАНИЯ

**2.1.** Методика проведения работ принята в соответствии с СП 13-102-2003 и ГОСТ 31937-2024, регламентирующими виды, порядок организации и выполнения работ по техническому обследованию и эксплуатации строительных конструкций зданий и сооружений.

**2.2.** Выполнение работ по обследованию проводилось в строгом соответствии с правилами техники безопасности, приведенными в ГОСТ 31937-2024.

**2.3.** Инструментальное измерение геометрических параметров конструкций проводилось в соответствии с требованиями.

**2.4.** Проведена работа по выявлению дефектов, допущенных при строительстве обследуемых строительных конструкций. Одновременно проверялось соответствие существующих конструкций требованиям действующих нормативно-технических документов.

**2.5.** Настоящее Техническое заключение о состоянии строительных конструкций сооружения издано отдельным томом и в состав проектной документации не входит и носит рекомендательный характер.

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		6

### 3. ВВЕДЕНИЕ

**3.1.** Настоящее заключение подготовлено по обследованию железобетонной конструкции чаши действующего радиального сгустителя П-18 №4, в соответствии с договором от 05.08.2025г. №05/08-2025.

**3.2.** Цель работы- определение технического состояния конструкций железобетонной чаши сгустителя №4.

**3.3.** Полевые работы выполнялись в сентябре 2025 года.

**3.4.** Работы и разработка рекомендаций по обеспечению дальнейшей безопасной эксплуатации конструкций выполнялись в соответствии с техническим заданием Заказчика (см. Приложение А к настоящему Заклчению).

**3.5.** В соответствии с ГОСТ 31937-2024, СП 13-102-2003, ГОСТ 57208-2016 и техническим заданием выполнялись следующие работы:

- сбор исходных данных, изучение имеющейся технической документации;
- выезд на объект, обследование конструкций объекта с выявлением дефектов и повреждений, их параметров и объемов с фотофиксацией, выполнение необходимых замеров;
- определение основных топологических параметров конструкций;
- анализ результатов обследования, определение эксплуатационной пригодности конструкций и сооружения в целом;
- составление технического заключения с разработкой рекомендаций по устранению в строительных конструкциях недопустимых дефектов и повреждений, а также дальнейшей безопасной их эксплуатации.

**3.6.** В случае выявления дефектов и повреждений строительных конструкций, не отраженных в настоящем техническом заключении, влияющих на безопасность эксплуатации отдельных конструкций и сооружения в целом, или выявления отличий конструктивной схемы сооружения от приведенной в настоящем техническом заключении следует незамедлительно обратиться к разработчикам заключения для проведения дополнительного освидетельствования конструкций: +995 598 900 158.

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докм.	Подп.	Дата		7

#### 4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА

4.1. Железобетонный сгуститель №4, Ø18 м с кольцевой стеной-опорой представляет собой сооружение для сгущения пульпы. Местонахождение объекта: Грузия, станция пгт. Казрети (координаты 41.375103 44.426579)

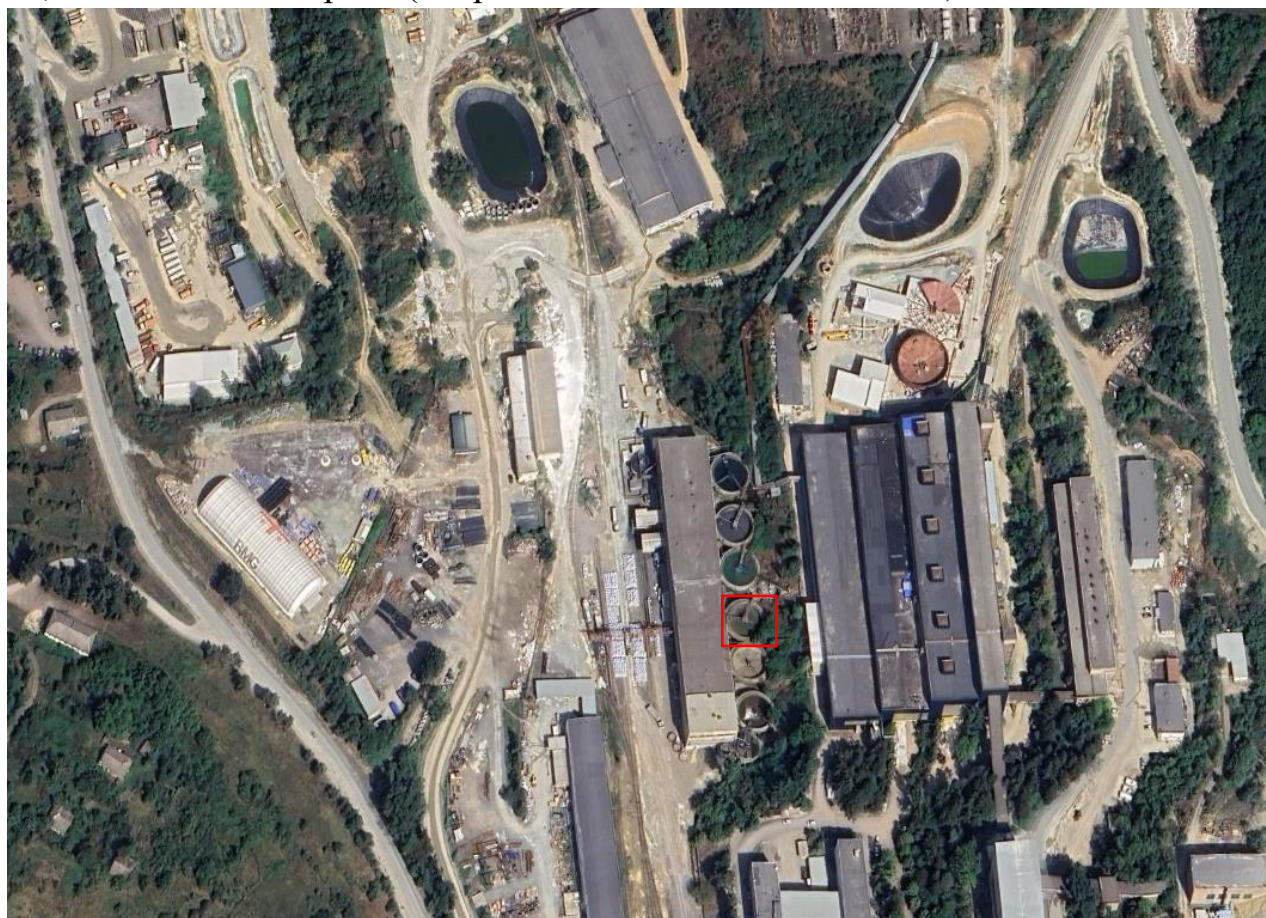


Рисунок 4.1. Расположении сгустителя на территории завода RMG

#### 4.2. Основные элементы конструкции:

- Железобетонная чаша диаметром 18м, с цилиндрической верхней частью и коническим днищем, обеспечивающим сход осадка к центральному выпуску.
- Кольцевая железобетонная стена-опора по периметру, выполняет функцию несущего основания. Она воспринимает вертикальные и горизонтальные нагрузки от чаши, жидкости и оборудования, заменяя собой колонны. Стена опирается на монолитную плиту фундамента.
- Пространство под чашей остаётся открытым для размещения трубопроводов, механического оборудования и обслуживания.
- Скребковый механизм с центральным приводом и радиальными балками, перемещающими осадок к разгрузочному патрубку. Механизм опирается на нововозведенный пространственные рамы-колонны.

4.3. Для ознакомления с объектом Заказчиком представлены отдельные листы проектной документации №М769-75 «Задание на проектирование железобетонного чана для сгустителя П-18 по ГОСТ 10876-64 и «Сгуститель П-18». Данные листы- задание на проектирование. По конкретно выполненным сгустителям проектная или эксплуатационная документация отсутствует.

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

## 5. ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ЧАШИ

**5.1.** Чаша сгустителя выполнена железобетонной с внутренним диаметром 18м. Вертикальная стена, в отм. +4.780...+7.840, выполнена толщиной 400мм. По внутренней части данной стены, на отм. +7.040, выполнен железобетонный желоб для воды сечением 400х300мм. В конструкции стены выполнено сливное отверстие с желоба (массово разрушено). Внутри желоба и по поверхности массовое скопление продуктов работы сгустителя. По внутренней поверхности железобетонная стена защищена кислотоупорным покрытием, толщиной 5-10мм (характерный рыжий оттенок).

По верхнему обрезу смонтирован рельс для движения скребкового механизма (на момент обследования демонтирован), рельс смонтирован на цементно-песчаную стяжку ~ 60мм.

В отм. +7.040 выполнена площадка шириной 1500мм. Площадка выполнена трапецевидного сечения толщиной ~ 150...300мм. В трех местах участки площадки демонтированы для возведения пространственных рам для монтажа сгустителя (новый). По поверхности площадки выполнена уклонная цементно-песчаная стяжка (от стены чаши) толщиной 50...30мм.

По части площадки (со стороны здания) выполнено стальное ограждение высотой 800мм (для работы на высоте минимум 1100мм) из равнополочного уголка 50х50х4мм по ГОСТ 8509-93 и стальной арматуры диаметром 14мм. Ограждения смонтированы на стальной уголок по обрезу площадки 100х100х7 по ГОСТ 8509-93, уголок заанкрен к закладным в конструкции площадки.

По наружной стороне вертикальных конструкций и днища чаши имеются остатки рулонной гидроизоляции типа пергамин (массово разрушен).

Чаша сгустителя смонтирована на кольцевую железобетонную стену-опору толщиной 500мм. Доступ в внутреннюю часть данной конструкции на момент обследования затруднен (невозможен) по причине скопления продуктов работы сгустителя.

**5.2.** Днище чаши выполнено железобетонным конической формы с уклоном к центральному выпуску в ~7.5°. Толщина типовых решений данных сгустителей составляет 440...800мм.

Покрытие внутренней поверхности чаши выполнено из кислотоупорной стяжки толщиной 5...10мм, данные стяжки используются для защиты от агрессивной среды работы сгустителя.

**5.3.** Проектного армирование данной чаши не установлено по причине отсутствия документации. По причине не типового проектирования, армирование устанавливалось локальными участками:

- армирование днища чаши выполнено пространственными сложными каркасами из стальной арматурной 18...25мм. Класс арматуры принимается АП...АШ. Шаг армирования составляет 80...220мм (радиальное закругление

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		9

каркаса). Защитный слой по внутренней части составляет 90...130мм, увеличенный слой обусловлен агрессивной средой использования. Наружный слой не установлен магнитным методом по причине отсутствия доступа под днище чаши, по визуальным участкам защитный слой многочисленно отсутствует и составляет ~10...20мм.

- армирование вертикальной конструкции стены чаши выполнено пространственными сложными каркасами из стальной арматурной 16...20мм. Класс арматуры принимается АII...AIII.

- армирование ходовой площадки выполнено каркасами из стальной арматуры диаметром 14...18мм. Класс арматуры принимается АII...AIII. Шаг армирования составляет ~ 200мм. Защитный слой по верхней части составляет ~120мм, по нижней части ~40мм.

**5.3.** Проектная марка бетона конструкций не указана, для определения фактического класса бетона в ходе обследования выполнялись изъятие образцов и неразрушающие методы контроля. По СП 63.13330.2018 (СНиП 52-01-2003) «Для железобетонных конструкций следует применять класс бетона по прочности на сжатие не ниже В15». Так же для гидротехнических сооружений нормативная документация не указывает минимальный класс бетона и требует принимать по расчету (проекту), из опытной части подобные сооружения проектируется из класса бетона не ниже В20-25, что не ниже фактического в обследуемых чашах.

**5.3.1.** По результатам неразрушающего контроля, прочность бетона, определенная при помощи склерометра (удары проводились по непораженному бетону) «Silver Schmidt type N», составляет 27,13 МПа, что соответствует условному классу С16/20 или М250. Проектный класс бетона и соответствие ему не установлено по причине отсутствия проекта. По лабораторному испытанию класс бетона совпадает и в некоторых образцах выше.

№ точки замера	Значение отсчёта по прибору, (Нi, ед.)	Значение отсчёта по графику, (Ri,кг/см2)	Среднее значение R (МПа)	Средне квадратическое отклон. (Ri-Rm) <sup>2</sup>	Sm	Коэф. Вар. Cv	Кубиковая прочность fc,cube (МПа)	
1	36	280,9	271,29	92,35	10,9 9	0,0405	27,129	
2	36	280,9		92,35				
3	34	257		204,20				
4	36	280,9		92,35				
5	35	268,7		6,71				
6	36	280,9		92,35				
7	34	257		204,20				
8	35	268,7		6,71				
9	36	280,9		92,35				
10	34	257		204,20				
	Σ	2712,9		1087,79				
				05/08-2025-TR				Стр.
								10
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				



27,13

класс бетона по прочности на сжатие по СНБ

C 16/20

5.03-01

**5.3.3.** Лабораторные данные выполненные ООО «Научно-исследовательский центр строительных материалов и изделий» на основе 2 изъятых кернов (расположение указано в Приложении В) указаны в Приложении Б. Данные керны были обработаны и испытаны на сжатие. Усредненное значение на сжатие – 28.84 Мпа (М300 В22,5), при минимальном значении 26.74 Мпа для данного результата значение класса и марки бетона В20 и М250 соответственно. Бетон выполнен на крупном заполнителе, без средней фракции.

№	სამუშაო/Sample	ტემპერატურა °C/°F Dry/Wet	წონა კგ/Weight gm	საშუალო სიმაღლე cm	დიამეტრი სმ/Diameter cm	გარეული ფართობი სმ²/ Cross-sectional area cm²	მოცულობა სმ³/Volume cm³	საშუალო სიმკვრივე კგ/სმ³/ Density gm/cm³	ჩიქვანი ძალა კგ/ Swelling load KN	საძირკვე ძალა/ Strength Mpa	კოეფიციენტი, საბუთის სიგრძე/სიგანის თანაფარდობა n1/ Coefficient of height and diameter ratio n1	საბუთის საძირკვე ძალა, n1 - კოეფიციენტი Sample strength n2. Considering the n1 - coefficient	მასშტაბური კოეფიციენტი n, საბუთის ფართობის თანაფარდობა ნიმუშის ფართობთან Scale coefficient n, which depends on sample diameter d	საბუთის R=R2 = α/ Strength R=R2 = α/	
														მპა/Mpa	კგ/სმ²/ kgf/cm²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	ნიმუში/Sample №1	28+ (1970 წელი)	1502	9.4	9.4	69.4	652.01	2.30	185.50	26.74	1.00	26.74	1.00	26.74	272.7
2	ნიმუში/Sample №2	28+ (1970 წელი)	1511	9.5	9.4	69.4	658.94	2.29	214.57	30.93	1.00	30.93	1.00	30.93	315.4
3	ნიმუში/Sample №3	28+ (1970 წელი)	1468	9.1	9.4	69.4	631.20	2.33	218.67	31.53	1.00	31.53	1.00	31.53	321.5
4	ნიმუში/Sample №4	28+ (1970 წელი)	1473	9.2	9.4	69.4	638.14	2.31	226.58	32.67	1.00	32.67	1.00	32.67	333.1

შენიშვნა: ნიმუშების რაოდენობა და აღების მდებარეობა შერჩეულ იქნა ლაბორატორიის მიერ

Рисунок 5.3.1. Таблица лабораторных испытаний кернов на сжатие

**5.4. Проектная марка бетона по водонепроницаемости не установлена.**

**5.4.1.** Лабораторные данные выполненные ООО «Научно-исследовательский центр строительных материалов и изделий» на основе 2 изъятых кернов диаметром 150мм (расположение указано в Приложении В) указаны в Приложении Б. Данные подтверждают марку по водонепроницаемости не ниже W-8. Для определения марки более W-8 необходимо высокотехнологичное оборудование и долгие сроки испытаний.

გამოცდა ჩატარდა სპეციალური ქარხნული წარმოების აპარატით. მოდელს კორპუსზე გააჩნია 6 ნიმუშის დასაფიქსირებელი, რომელიც იჭირხნება 0,1 მპა-დან 4 მპა-მდე წყლის დაწნევით.

წნევის ზრდა ხდება 2 ატმოსფერო წნევით თითო საფეხურზე (საფეხურის ინტერვალი 16 სთ), დაკვირვებას ვაწარმოებთ ბეტონის ნიმუშის ზედაპირზე „სველი ლაქი“-ს გაჩენამდე.

გამოცდის შედეგად დადგინდა, რომ ბეტონის წყალშეუღწევადობის მარკა შეესაბამება W8-ს. გამოცდის პერიოდში ბეტონის კუბური ნიმუშის ზედაპირზე 8 ატმოსფეროს დაწნევის დროს არ გაჩენილა წყლის წვეთი ან სველი ლაქა.

Рисунок 5.4.1. Лабораторные выводы по водонепроницаемости

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата		11

Т а б л и ц а В.1 – Степень агрессивного воздействия сульфатов в грунтах на бетоны марок по водонепроницаемости W4 – W20

Цемент		Показатель агрессивности грунта, мг/кг, на бетон марки по водонепроницаемости					Степень агрессивного воздействия грунта на бетон
Группа цемента по сульфатостойкости	Вид цемента	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20	
I	Портландцемент, не вошедший в группу II	500-1000	Св.1000-1500	Св.1500-2000	Св.2000-3000	Св.3000-4000	Слабоагрессивная
		1000-1500	Св.1500-2000	Св.2000-3000	Св.3000-4000	Св.4000-5000	Среднеагрессивная
		Св. 1500	Св. 2000	Св.3000	Св.4000	Св.5000	Сильноагрессивная
II	Портландцемент с содержанием в клинкере $C_3S$ - не более 65 %, $C_2A$ – не более 7 %, $C_3A+C_4AF$ – не более 22 % и шлакопортландцемент	3000-4000	Св.4000-5000	Св.5000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Слабоагрессивная
		4000-5000	Св.5000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Среднеагрессивная
		Св. 5000	Св. 8000	Св.10000	Св. 12000	Св.15000	Сильноагрессивная
III	Сульфатостойкие цементы	6000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Св.15000-20000	Слабоагрессивная
		8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Св.15000-20000	Св.20000-24000	Среднеагрессивная
		Св. 10000	Св. 12000	Св.15000	Св.20000	Св. 20000	Сильноагрессивная

Рисунок 5.4.2. Таблица В.1. из СНиП 2.03.11-85 (СП 28.13330.2017). С указанием степени агрессивного воздействия среды и марки бетона по водонепроницаемости

**5.4.2.** В соответствии с предоставленным ТЗ и содержанием сульфатов ( $SO_4^{2-}$ ) по предельно допустимому сбросу 14355 или до очистки 10250, принимая фактический минимальный класс водонепроницаемости W-8 и изготовление чанов сгустителей из сульфатостойких цементов по ГОСТ 10876-64 и условиям эксплуатации, степень агрессивности принимается как слабоагрессивная (вода до очистки) и среднеагрессивная (максимальный сброс).

**5.5.** Для оценки карбонизации бетона применялся калориметрический метод с фенолфталеином. Было установлено, что глубина карбонизации в среднем составляет до 10 мм, что является удовлетворительным показателем и указывает, что значение pH бетона >11.0.

**5.5.1.** Поверхностная карбонизация бетона зависит от интенсивности воздействия окружающей среды и контроля процесса. Этот процесс имеет большое значение для бетонных конструкций, поскольку влияет на их долговечность. Значение pH при карбонизации варьируется в пределах от 12,4 до 13,0. Когда оно достигает 11,0 и ниже- приводит к коррозии арматуры.

Этот процесс можно измерить с помощью фенолфталеина в спиртовом растворе, который при pH = 11,0 изменяет цвет. Стойкость бетона зависит от конструктивных характеристик, таких как износостойкость. Если карбонизация не выходит за пределы нормы, то она не влияет на безопасность конструкции.

**5.5.2.** В конструкции железобетонного днища чаши защитный проектный слой ~ 100мм, при полном соблюдении его, данная глубина карбонизации не влияет на эксплуатационные характеристики.

**5.6.** Коррозия армирования была проверена натурным методом с удалением защитного слоя по наружной части чаши, механической очисткой прута и измерения фактического сечения. Очистка производилась до характерного металлического блеска. Результаты (расположение представлено в Приложении Б):



- Вск.Ар.1. по кольцевой стене-опоре коррозия армирования поверхностная. Измеренный диаметр армирования 16мм;
- Вск.Ар.2. по наружной стороне стены чаши коррозия армирования поверхностная. Измеренный диаметр армирования 16мм;
- Вск.Ар.3. по нижней части площадки коррозия армирования с уменьшением сечения, происходит расслоение. Диаметр армирования уменьшен на 10% и составляет 14,4 мм. Данный дефект вызван отсутствием защитного слоя, агрессивной средой и систематическим замоканием;
- Вск.Ар.4. наружной стороне днища коррозия армирования с уменьшением сечения, происходит расслоение. Диаметр армирования уменьшен на 6% и составляет 17мм. Данный дефект вызван отсутствием защитного слоя и систематическим замоканием;

**5.7.** Железобетонная чаша была проверена на соответствие требованиям ГОСТ Р 57208-2016 и ГОСТ 31937-2024.

При обследовании железобетонная чаша была проверена на наличие следующих дефектов:

- трещины в конструкциях (поперечные, продольные, наклонные и др.);
- оголение арматуры;
- вывалы бетона, каверны, раковины, повреждения защитного слоя;
- повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов (в том числе в результате коррозии);
- отклонения фактических геометрических размеров конструкций от проектных;
- наиболее поврежденные и аварийные участки конструкций,

**5.8.** В ходе обследования железобетонной чаши выявлены следующие дефекты:

- единичные (до 10%) малозначительные дефекты в виде мест с расслоившимся, плохо утрамбованным бетоном по наружной части чаши, глубина расслоившегося бетона составляет 20...50мм. Данный дефект образован в процессе возведения, по причине недостаточного уплотнения бетонной смеси и перерывов в бетонировании;

- многочисленные (площадью более 10% до 40%) малозначительные дефекты в виде разрушения или отсутствия защитного слоя бетона и поверхностной коррозией армирования. Сечение армирования не уменьшено. Данный дефект характерен для наружных стен и наружной поверхности днища чаши. Он образован по причине несоблюдения проектного защитного слоя и физического износа конструкции;

- массовые (площадью более 40%) значительные дефекты в виде разрушения защитного слоя бетона и коррозией армирования (расслоение) с уменьшением рабочего сечения до 10%. Данный дефект в основе расположен по нижней части железобетонных ходовых площадок по причине физического износа конструкции,

					05/08-2025-TR	Стр.
						13
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

отсутствии изоляции от агрессивного воздействия и недостаточного защитного слоя в процессе возведения;

- массовые (более 40%) малозначительные дефекты в виде разрушения наружной гидроизоляции по всей поверхности чаши и конструкций;

- массовые (более 40%) малозначительные дефекты в виде разрушения внутреннего кислотоупорного покрытия;

- массовые (более 40%) малозначительные дефекты в виде высолов на наружной поверхности железобетонной чаши;

**5.16.** Категория технического состояния конструкций железобетонной чаши в соответствии с выявленными дефектами – **III Ограниченно-работоспособное** техническое состояние.



Рисунок 5.1.1. Общий вид железобетонной чаши сгустителя





Рисунок 5.1.2. Внутренняя часть чаши сгустителя



Рисунок 5.1.3. Кислотоупорное покрытие чаши. Локальные участки разрушения

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15





Рисунок 5.1.4. Армирование ходовой площадки. Демонтированное отверстие под раму нового сгустителя

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		16



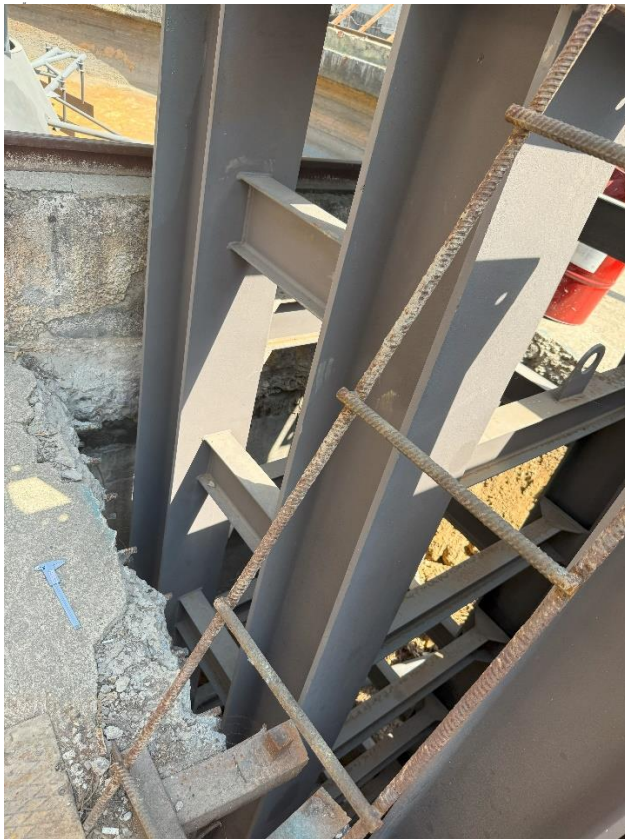


Рисунок 5.1.5. Смонтированная рама под новый сгуститель

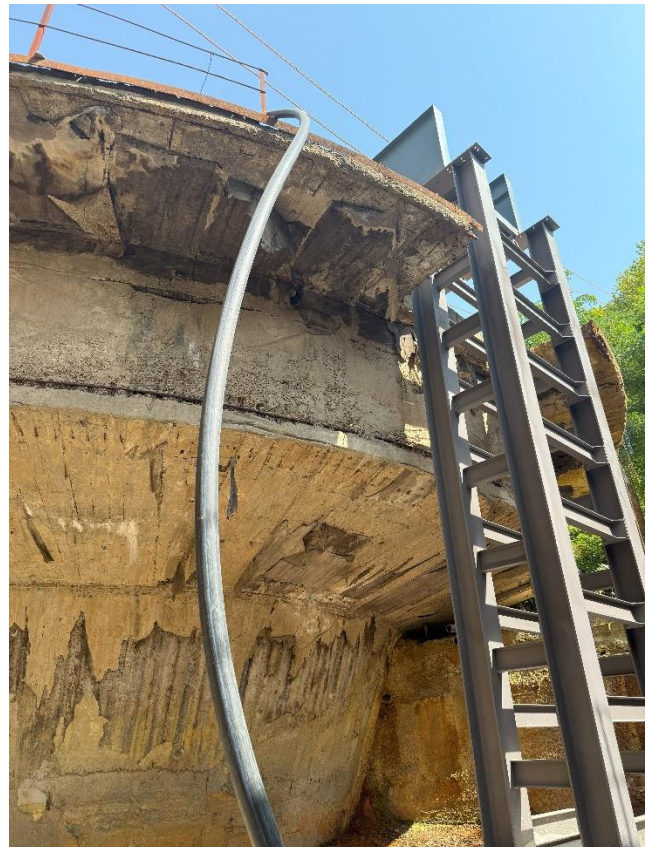


Рисунок 5.1.6. Разрушение наружной гидроизоляции чаши. Разрушение  
наружного защитного слоя чаши

Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата

05/08-2025-TR

Стр.

17



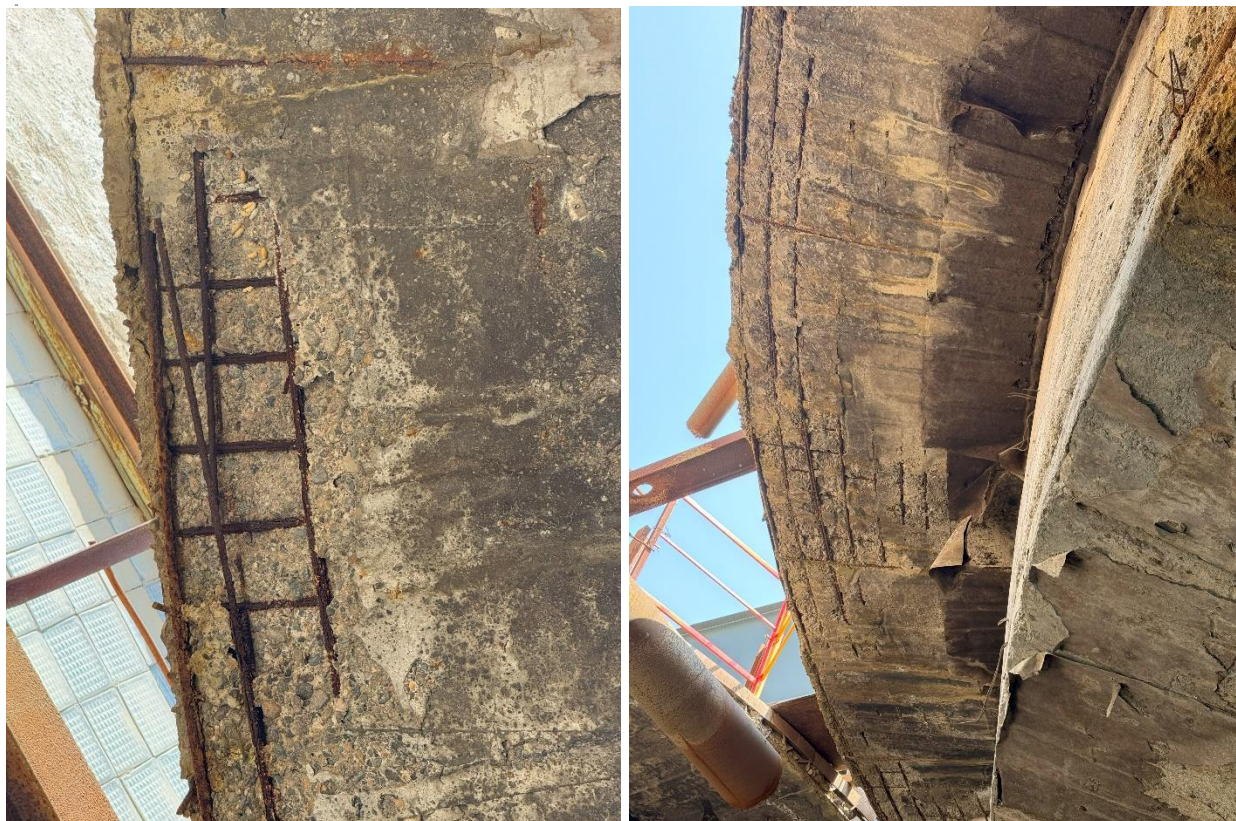


Рисунок 5.1.7. Разрушение наружной гидроизоляции чаши. Разрушение наружного защитного слоя бетона чаши

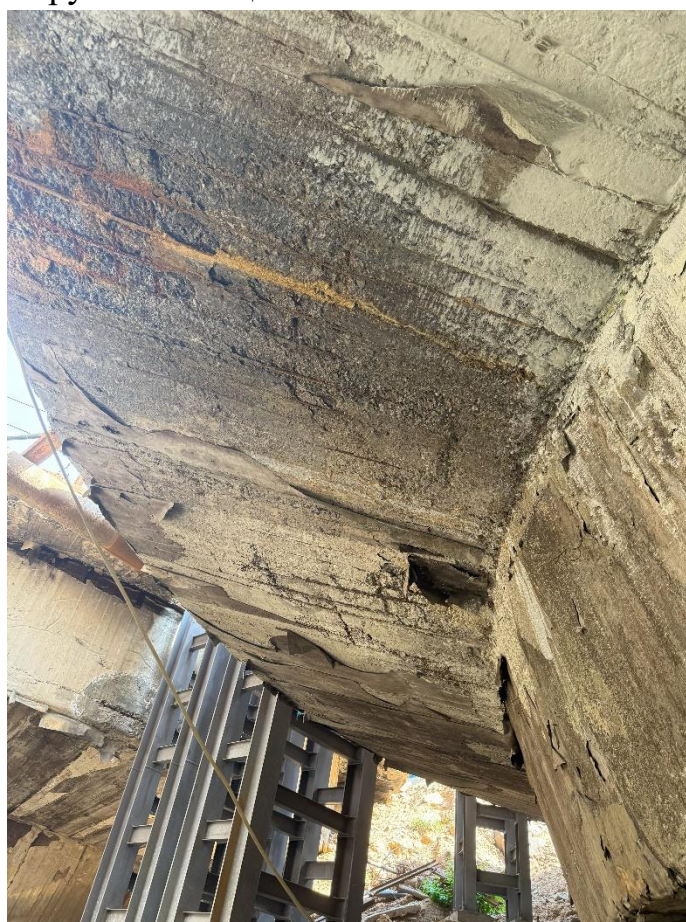


Рисунок 5.1.8. Разрушение наружной гидроизоляции чаши. Разрушение наружного защитного слоя бетона чаши





Рисунок 5.1.9. Недостаточное уплотнение бетона. Разрушение наружной гидроизоляции чаши. Разрушение наружного защитного слоя бетона чаши



Рисунок 5.1.10. Разрушение наружной гидроизоляции чаши. Разрушение наружного защитного слоя бетона чаши. Следы высолов на бетоне

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19





Рисунок 5.1.11. Оборудование под днищем сгустителя. Доступа нет



Рисунок 5.1.12. Смонтированный рельс на конструкцию стены сгустителя. Рельс не эксплуатируется

					05/08-2025-TR	Стр.
						20
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		





Рисунок 5.1.12. Демонтаж части площадки для рамы сгустителя



Рисунок 5.1.13. Общий вид желоба. Кислотоупорная стяжка. Локальные участки разрушения и загрязнения

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		21





Рисунок 5.1.14. Демонтаж части площадки для рамы сгустителя. Армирование площадки



Рисунок 5.1.15. Смонтированный уголок под ограждение по обрезау площадки

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22





Рисунок 5.1.16. Ограждение ходовой площадки сгустителя



Рисунок 5.1.17. Смотримый рельс по обрезу стены

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		23





Рисунок 5.1.18. Глубина карбонизации до 10мм, керны №1.



Рисунок 5.1.19. кислотоупорное покрытие 3...10мм

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24





Рисунок 5.1.20. Проверка карбонизации в месте изъятых кернов. До 10мм



Рисунок 5.1.21. Определение прочности бетона неразрушающим методом

					05/08-2025-TR	Стр.
						25
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		





Рисунок 5.1.22. Плохо уплотненный бетон. Отсутствие защитного слоя бетона.  
Поверхностная коррозия армирования

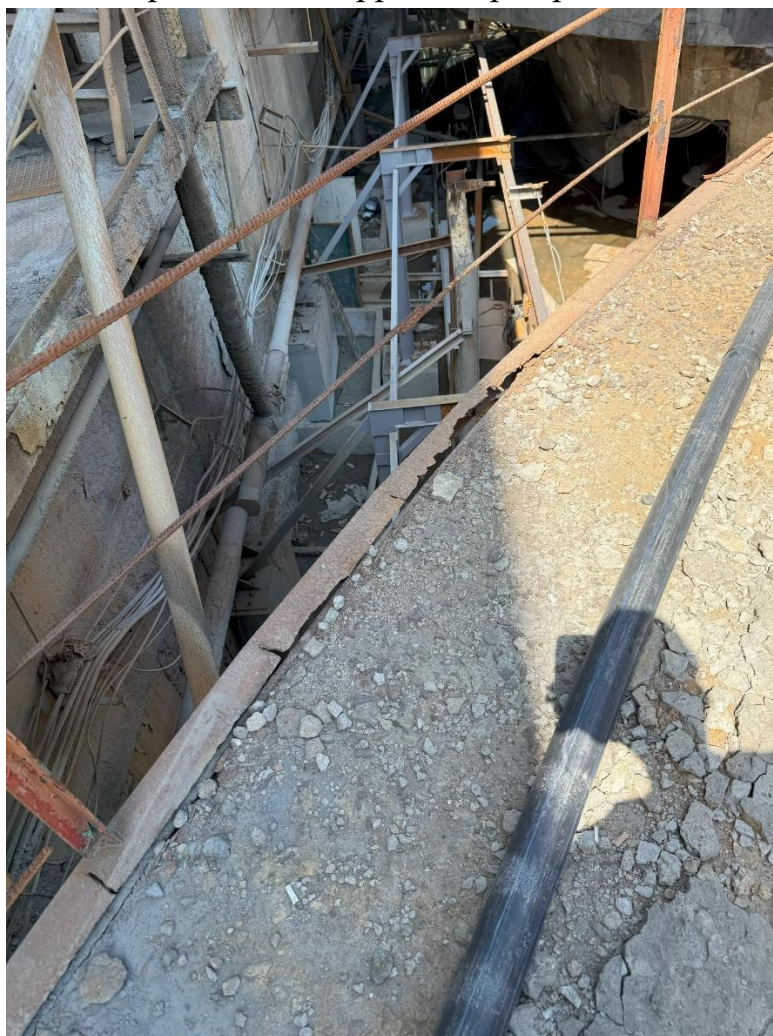


Рисунок 5.1.23. Разрушение уголка ограждения. Разрушение стяжки площадки

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26





Рисунок 5.1.24. Высота ограждения 800мм, для работы на высоте необходимо не менее 1100мм.

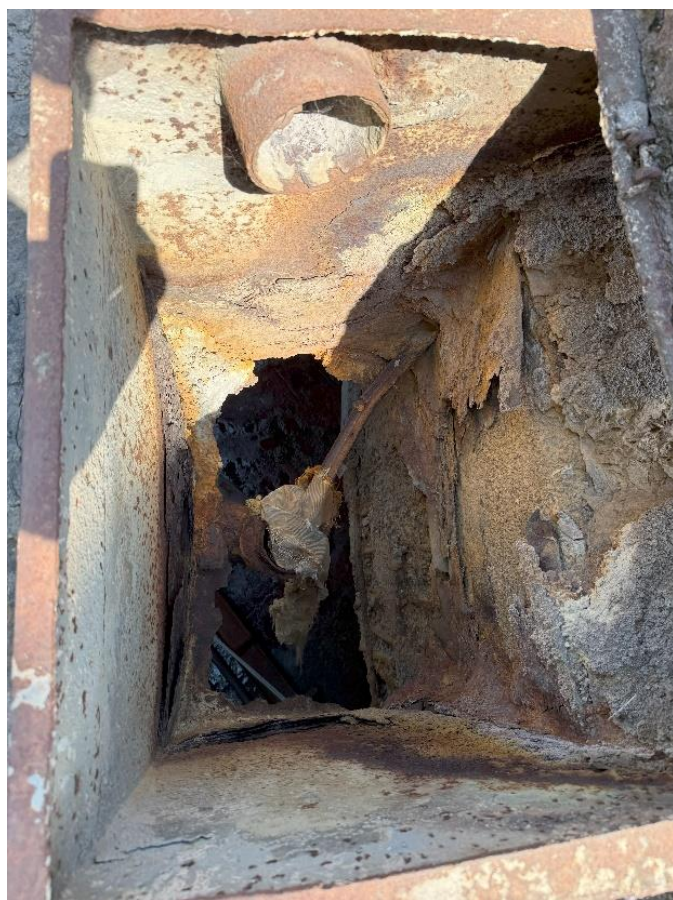


Рисунок 5.1.25. Сливное отверстие. Массово разрушено по причине агрессивности среды

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27



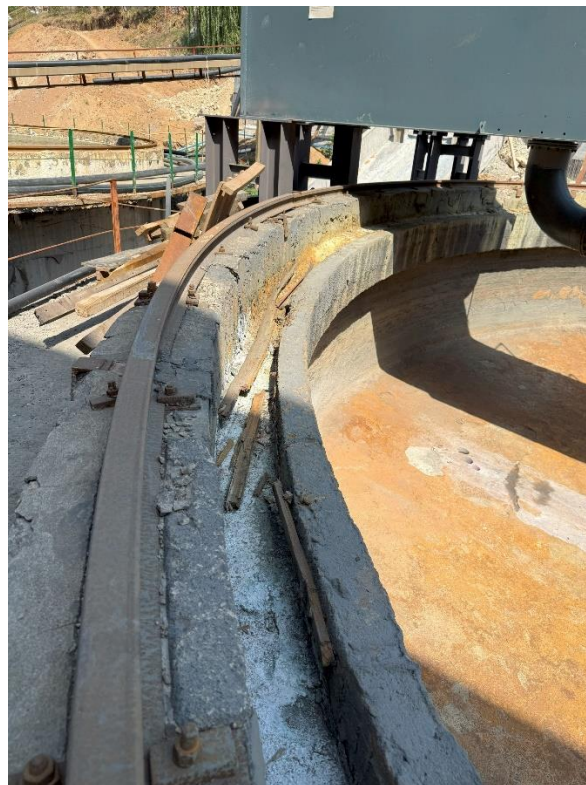


Рисунок 5.1.26. Желоб по верхней части чаши. Массово засорен застывшими продуктами работы сгустителя



Рисунок 5.1.27. Центральная часть дна чаши. Место монтажа «нового» сгустителя

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

05/08-2025-TR

Стр.

28





Рисунок 5.1.28. Желоб по верхней части чаши. Массово засорен застывшими продуктами работы сгустителя. Локальные участки разрушения защитного слоя и коррозии армирования



Рисунок 5.1.29. Локальные участки ремонта под крепления рельса скребка

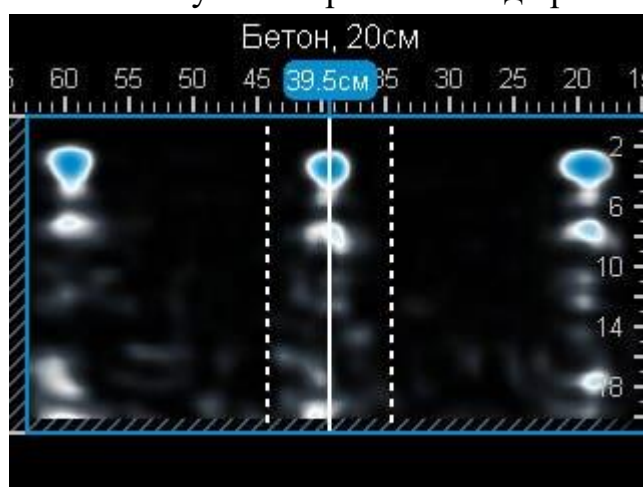


Рисунок 5.1.30. Расположение армирования по наружной стороне кольцевой железобетонной стены опоры. Защитный слой 20мм. Шаг 200мм

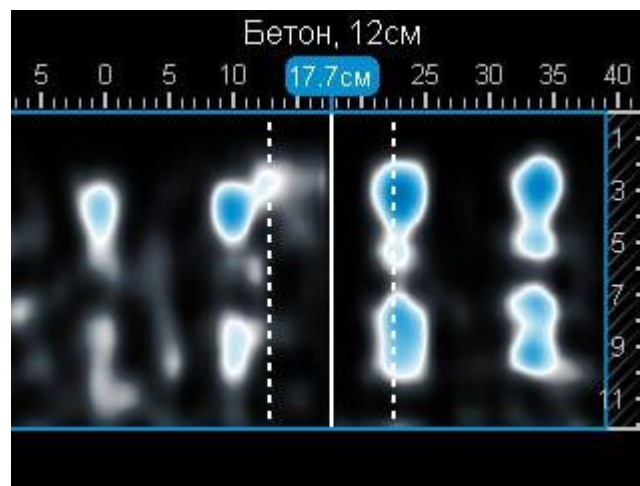


Рисунок 5.1.31. Расположение армирования по наружной стороне дна чаши (радиальное заглубление армирования). Защитный слой 10...15мм. Шаг 110...140мм

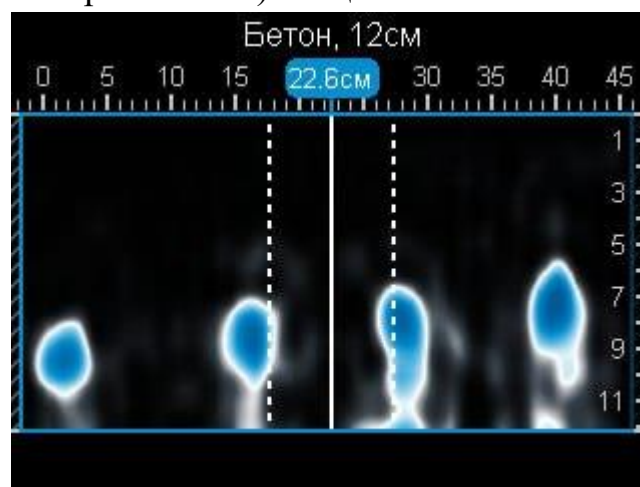


Рисунок 5.1.32. Расположение армирования по наружной стороне стены чаши. Защитный слой 50...70мм. Шаг 140...160мм

## 6. ВЫВОДЫ.

**6.1.** На основании анализа результатов по обследованию железобетонной конструкции чаши действующего радиального сгустителя П-18 №4, в соответствии с договором от 05.08.2025г. №05/08-2025:

**6.1.1.** В соответствии с требованиями ГОСТ 31937-2024 и СП 13-102-2003 техническое состояние монолитной железобетонной чаши сгустителя характеризуется как ограниченно работоспособное (не вполне удовлетворительное) категория III. Требуется выполнение ремонта конструкций чаши.

**6.1.2.** Дефектов, свидетельствующих о снижении несущей способности элементов железобетонной чаши под существующие нагрузки, не обнаружено.

**6.1.3.** Повреждений, деформаций чаши, имеющих силовой характер, в процессе обследования не выявлено.

**6.1.4.** Выявленные многочисленные дефекты являются результатом нарушением технологии производства в процессе бетонирования чаши и физическим износом по причине отсутствия плановых ремонтов.

**6.1.5.** К дефектам монтажа относятся:

– участки с плохо уплотненным «рыхлым», расслоившимся бетоном (длительная транспортировка бетона, затворение бетонной смеси непосредственно на строительной площадке, неоднократная переброска бетона, нарушение требований, предъявляемых к бетонной смеси (строгий подбор состава, соответствующего водоцементного отношения, удобоукладываемость, нерасслаиваемость, однородность бетонной смеси));

– раковины на поверхности бетона глубиной 20мм и более (нарушение требований, предъявляемых к бетонной смеси, а также нарушение технологии укладки бетонной смеси).

К повреждениям в процессе эксплуатации относятся:

– разрушение цементного камня в результате растворения и вымывания некоторых его составных частей (коррозия 1-го вида, коррозия выщелачивания по В.М. Москвину). Наиболее растворимым из составных частей цементного камня является гидроксид кальция, образующийся при гидролизе трехкальциевого силиката. Растворимость  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  невелика, но из цементного камня в бетоне под воздействием проточных мягких вод количество растворенного и вымытого  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  непрерывно растет, цементный камень становится пористым и теряет прочность. Выщелачивание  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в количестве 15...30% вызывает снижение прочности бетона на 40...50%.

– отложение на поверхности чаши продуктов выщелачивания цементного камня (гидроксид кальция, карбонизируясь и выпадая в осадок в виде карбоната кальция, образует на поверхности белый налет);

– разрушение бетона защитного слоя с обнажением и коррозией арматурных стержней. Коррозия с расслоением стержня, уменьшением рабочего диаметра,

					05/08-2025-TR	Стр.
						31
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

снижает несущую способность чаши.

**6.2.** Дальнейшая безопасная эксплуатация конструкции железобетонной чаши сгустителя при выполнении восстановительного ремонта, проектных нагрузках и при периодическом контроле состояния, строгом соблюдении всех эксплуатационных требований, по прямому функциональному назначению допускается. Рекомендации отражены в главе 8 настоящего заключения.

**6.3.** Настоящее заключение выпускается отдельным томом, носит рекомендательный характер и в состав проектной документации не входит.

					05/08-2025-TR	Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32



## 7. РЕКОМЕНДАЦИИ:

**7.1.** Ввиду выявленных дефектов железобетонной чаши сгустителя необходимо провести ряд мероприятий:

**7.1.1.** Выполнить гидроструйную очистку наружной и внутренней поверхности чаши для очистки от «остатков» гидроизоляции, кислотоупорного покрытия, высолов и продуктов работы сгустителя, в том числе очистку желоба водосборного. Давления гидроструйной установки рекомендуется не менее 300 бар.

**7.1.2.** В местах разрушения бетона или отсутствия защитного слоя выполнить восстановление защитного слоя ремонтными составами в соответствии с рекомендациями ТТК-100299864.252- 2016 «Производство работ по защите, ремонту и восстановлению монолитных, сборных и сборно-монолитных бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений с применением ремонтных материалов «Парад» либо аналогичными им по характеристикам». Перед восстановлением защитного слоя арматурные стержни необходимо очистить от коррозии и обработать преобразователем ржавчины. Материалы для торкретирования выбирать в соответствии проектному решению (прим. «Master Emako» (Emako S88C), «Master Emaco №5400» (Master Nanocrete R2) или «Consolit» РСС М400). *Данные работы выполнить в объеме 48м<sup>2</sup>, среднюю глубину принять 30мм.*

**7.1.3.** В местах демонтажа части площадки выполнить обрамление торцов швеллером с анкерровкой к площадке и чаше сгустителя. До выполнения работ выполнить обработку антикоррозийным составом и торкретирование ремонтными смесями демонтированных торцов в кол-ве бшт. Данную работу выполнять в соответствии с разработанным проектом на ремонтно-восстановительные работы.

**7.1.4.** По нижней части ходовой площадки, в местах разрушения защитного слоя бетона и коррозии армирования, выполнить ремонтные работы в соответствии с п.7.1.2., ремонтную площадь принять 88м<sup>2</sup>;

**7.1.5.** По нижней части ходовой площадки, в местах глубокого разрушения бетона (со стороны здания), выполнить ремонтные монолитные работы (по причине большего объема для торкрета) (см. рисунок 8.1.), ремонтную площадь принять 13м<sup>2</sup>;

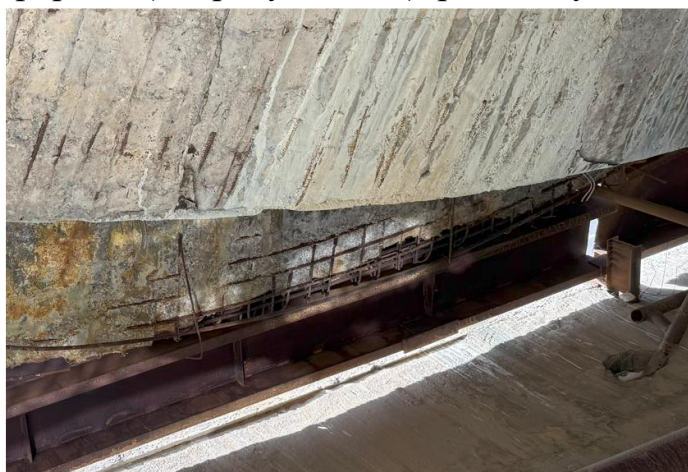


Рисунок 8.1. Глубокое разрушение бетона ходовой площадки

					05/08-2025-TR	Стр.
						33
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		

**7.1.6.** Выполнить демонтаж стяжки по верхней поверхности ходовой площадки, с последующем его восстановлением кислотостойким бетоном в полном объеме (88м<sup>2</sup>) с учетом уклона;

**7.1.7.** Рельс по верхнему обрезу стены демонтировать и демонтировать стяжку. Далее выполнить торкретирование данной части стены.

**7.1.8.** Ограждение ходовой площадки демонтировать в полном объеме с последующим восстановлением в соответствии с требуемыми нормативными документами;

**7.1.9.** После выполнения внутренней очистки чаши, в соответствии в п.7.1.1., выполнить остаточный механический демонтаж старого кислотоупорного покрытия с выравниванием глубоких выбоин. Далее выполнить восстановление поверхности кислотоупорным (химически стойким по СНиП 2.03.11-85) для фактических производственных нужд покрытием по ГОСТ 25246-82 или иным подобным кислотоупорным составом (прим. Полиуретан-цементное наливное химстойкое покрытие LINCRETE® SL). Работы и окончательный вариант принимать в соответствии с разработанной проектной документацией в объеме всей внутренней поверхности чаши (426м<sup>2</sup>);

СНиП 2.03.11-85 Стр.35

ПРИЛОЖЕНИЕ 4  
Справочное

**ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЕМКОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ЖИДКИХ АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ**

Защитные покрытия	Группа покрытий	Номер варианта	Схема покрытия	
			Грунтовочные и армирующие слои	Покрывной слой
Лакокрасочные армированные (толстослойные)	III, IV	1	Стеклоткань на эпоксидном компаунде на основе смолы ЭД-20 по грунтовке эпоксидным компаундом	Эпоксидный компаунд на основе смолы ЭД-20
		2	Стеклоткань на эпоксидной шпатлевке ЭП-0010 по грунтовке эпоксидной шпатлевкой ЭП-0010	Эпоксидная шпатлевка ЭП-0010
Лакокрасочные (толстослойные)	III, IV	1	Эпоксидная шпатлевка ЭП-0010 Водная дисперсия тикзола Т-50 Эпоксидно-тиколовый грунт	Тиколовый герметик У-30М
		1	Эпоксидно-сланцевый состав на основе эпоксидных смол ЭД-20 или ЭИС-1 и дистиллята коксования «Сламор»	Эпоксидно-сланцевый состав на основе эпоксидных смол ЭД-20 или ЭИС-1 и дистиллята коксования «Сламор» с наполнителем
		2	Без грунтовки	Герметик 51-Г-10 на основе дивинилстирольного термоэластопласта
Оклеечные	III, IV	1	—	Поливинилхлоридный пластикат на клее 88-Н
		1	—	Профилированный полиэтилен
		2	Подслой из полиизобутилена	Поливинилхлоридный пластикат на клее 88-Н
		3	ПСГ на клее 88-Н	Активированный полиэтилен на клее ПВА ЭД
Облицовочные <sup>1</sup> (футеровочные)	II, III, IV	1	—	Торкрет цементно-песчаным раствором слоем 1 — 2 см
		1	—	Плитка керамическая (кислотоупорная или для полов) на вяжущих <sup>2</sup>
		2	—	Кирпич кислотоупорный на вяжущих <sup>2</sup>
		1	Подслой (полиизобутилен ПСГ, оклеенная изоляция и др.)	Штучные кислотоупорные керамические материалы (плитки прямые, фасонные, кирпич кислотоупорный) <sup>3</sup> на химически стойких вяжущих <sup>2</sup>
		2	Подслой из лакокрасочной композиции, армированной стеклотканью	Плитка шлакосталловая на эпоксидных вяжущих <sup>2</sup>
		3	Подслой (полиизобутилен ПСГ и др.)	Плитка кислотоупорная из каменного лития на силикатной замазке
		4	То же	Углеродистые материалы (плитка АТМ, угольные и графитовые блоки) на замазках на основе полимерных материалов

<sup>1</sup> Выбор схемы защитного покрытия, толщины и числа слоев производится с учетом габаритов сооружения, температуры, агрессивности среды с обязательной проверкой расчетом на статическую устойчивость, а в необходимых случаях — и с теплотехническим расчетом  
<sup>2</sup> Выбор вяжущего производится в каждом конкретном случае с учетом состава агрессивной среды  
<sup>3</sup> Выбор штучных кислотоупорных материалов производится с учетом состава агрессивной среды и механических нагрузок

Рисунок 7.2. Защитные покрытия емкостных сооружений из СНиП 2.03.11-85

									Стр.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					34

05/08-2025-TR

\* При очистке водоотводящего желоба, объем работ по п. 7.1.2. может увеличиться;

**7.1.10.** По наружной поверхности, после очистки, выполнить устройство гидроизоляционного покрытия на подобии обмазочной гидроизоляции на основе полимер-цементных, полиуретановых или битумных покрытий (прим. Ceresit CR 166, SikaTop Seal). Рекомендуется выбирать химически стойкие материалы;

**7.1.11.** Выполнить восстановление сливных отверстий желоба в соответствии с ТНПА.

**7.1.12.** По причине не эксплуатации на момент обследования, течей в рабочих (холодных) швах не обнаружено.

*\* Дефектов, свидетельствующих о снижении несущей способности ходовой площадки, на момент обследования- не обнаружено. По причине коррозии армирования  $\approx 10\%$  от диаметра стержня- рассмотреть вариант усиления данной конструкции сталью или углеродными лентами (прим. Sika® CarboDur);*

**7.1.13.** Все работы выполнять в соответствии с требованиями техники безопасности и противопожарными нормами.

**7.1.14.** Работы по ремонту чаши проводить в соответствии с разработанным проектом.

**7.1.15.** Настоящие рекомендации не являются рабочей документацией. Для выполнения вышеизложенных мероприятий необходимо разработать проектно-сметную документацию (строительный проект) в соответствии с требованиями действующих норм и правил.

Все технические решения по восстановлению эксплуатационной пригодности носят рекомендательный характер и могут быть заменены разработчиками проектной документации по усмотрению конструктора или исходя из возможностей строительно-монтажной организации, выполняющей работы по ремонту данного объекта.

					05/08-2025-TR	Стр.
						35
Изм	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата		

## ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. **СНиП II-23-81** «Стальные конструкции»
2. **СНиП 3.03.01-87** «Несущие и ограждающие конструкции».
3. **СНиП 2.03.01-84** «Бетонные и железобетонные конструкции».
4. **СНиП 2.03.01-84** — Бетонные и железобетонные конструкции. СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».
5. **СНиП 2.03.11-85** «Защита строительных конструкций от коррозии»
6. **ОСТ 48-286-86** «Сгустители одноярусные»

## СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. *СП 1.04.04-2023 «Обследование и усиление стальных конструкций»*
2. *СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений»*
3. *СП 5.03.01-2020 «Бетонные и железобетонные конструкции».*
4. *ГОСТ 31937-2024 «Здания и сооружения. Правила технического обследования и мониторинга технического состояния»*
5. *СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»*
6. *СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»*

					05/08-2025-TR	Стр.
						36
Изм	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата		