



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО».
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ИМЕНИ А. А. ГВОЗДЕВА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

**«Лабораторные исследования полимерной термоусаживаемой оболочки
ОСПТ «Reline»**

Договор № 267/8-17-20/СП от 07 июля 2020 г.

Заказчик: ЗАО «УЗПТ «Маяк»

Москва 2021 г.



НИЦ строительство
научно-исследовательский центр



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «СТРОИТЕЛЬСТВО»»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ, ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ИМЕНИ А. А. ГВОЗДЕВА

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, к.т.н.

Д.В. Кузеванов

2021 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

по теме №267/8-17-20/СП:

«Лабораторные исследования полимерной термоусаживаемой оболочки

(ОСПТ) «Reline»

Договор № 267/8-17-20/СП от 07 июля 2020 г.

Заказчик: ЗАО «УЗПТ «Маяк»

Зав. лабораторией № 13,
д.т.н., проф.

Степанова В. Ф.

Ответственный исполнитель:
старший научный сотрудник

Соколова С.Е.

Исполнители:
научный сотрудник
научный сотрудник

Юрин Е.Ю.
Полушкин А.Л.

Москва 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания.....	5
2. Определение основных показателей качества системы противопучинного термоусаживаемого покрытия ОСПТ «Reline» на бетоне.....	10
2.1. Определение диффузионной проницаемости бетона с покрытием ОСПТ «Reline» для CO ₂	10
2.2. Определение проницаемости бетона с покрытием ОСПТ «Reline» для хлорид-ионов.....	21
2.3. Определение морозостойкости бетона с покрытием ОСПТ «Reline».....	23
2.4. Определение адгезионной прочности сцепления покрытия ОСПТ «Reline» с бетоном.....	34
3. Определение прочности покрытия ОСПТ «Reline» на металлической подложке при ударе и эластичности при изгибе.....	40
4. Выводы.....	44
Приложение 1 Метрологическое обеспечение.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Данные исследования выполнены в соответствии с договором № 267/8-17-20/СП от 07 июля 2020 г. с ЗАО «Уральский завод полимерных технологий «Маяк» (ЗАО «УЗПТ «Маяк») по теме: «Лабораторные исследования полимерной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline».

Цель работы: проведение испытаний образцов бетонных и стальных элементов фундаментов с системой защитного покрытия на основе противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline» по основным показателям качества на бетоне и металле с целью определения коррозионной стойкости данной системы, срока службы и эффективности ее применения для вторичной защиты свайных фундаментов.

1. Характеристика материалов и образцов, представленных на испытания

Для проведения испытаний системы защитного покрытия на бетоне и металле в лаборатории коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций НИИЖБ Заказчиком ЗАО «УЗПТ « Маяк» была выбрана система на основе противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline».

Оболочка свайная противопучинная термоусаживаемая ОСПТ «Reline» (далее ОСПТ «Reline») представляет собой двухслойную втулку, состоящую из термосветостабилизированной, сшитой и ориентированной в продольном направлении композиции и адгезионного подслоя на основе модифицированных термопластичных адгезионных композиций.

ОСПТ «Reline» предназначена для монтажа в средней части сваи (на величину деятельного слоя грунта) с целью снижения касательных сил морозного пучения на боковую поверхность сваи, а также выполняет роль защитного покрытия свайных оснований от коррозии. Оболочка наносится на сваю специальным оборудованием при нагреве горячим воздухом при температуре + 150°С. Температура длительной эксплуатации ОСПТ (в установленном состоянии) – от минус 60 до плюс 80 °С в грунтах различной агрессивности и влажности.

ОСПТ «Reline» разработана в соответствии с РД 51-00158623-10-95 РАО «Газпром», выпускается серийно на предприятии ЗАО «УЗПТ « Маяк» по ТУ 2247-004-75457705-2014 в соответствии со спецификацией производителя и сертифицирована в системах ГОСТ Р и Газпромсерт. Разработан стандарт организации СТО 36554501-054-2017 «Проектирование и устройство свайных фундаментов с противопучинной оболочкой ОСПТ « Reline».

Представленная на испытания система защитного покрытия на основе ОСПТ «Reline» на бетонной и металлической подложке состоит из: эпоксидной грунтовки-праймера, адгезионного подслоя, выполненного на основе

термопластичных материалов, и оболочки ОСПТ. Толщина ОСПТ составляет $3,0 \text{ мм} \pm 0,15 \text{ мм}$. Соотношение между толщиной полиэтиленовой втулки-основы и толщиной адгезионного слоя составляет $((80/20) \pm 5) \%$.

Основные технические характеристики ОСПТ «Reline» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ОСПТ «Reline»

№	Наименование показателя	Норма
1	Внешний вид	Отсутствие пузырей, вздутий, нарушений целостности
2	Прочность при разрыве отслоенного покрытия, МПа	12
3	Относительное удлинение при разрыве отслоенного покрытия при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, %, не менее	200
4	Температура хрупкости, $^\circ\text{C}$, не более	минус $30 ^\circ\text{C}$
5	Адгезия к стали и заводскому покрытию свай, МПа, не менее, при температуре $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ $(50 \pm 3) ^\circ\text{C}$	7 1
6	Прочность при ударе, Дж/мм, не менее, при температуре минус $(30 \pm 3) ^\circ\text{C}$ $20 \pm 3 ^\circ\text{C}$ $50 \pm 3 ^\circ\text{C}$	8 4 2
7	Устойчивость покрытия к термоциклированию, количество циклов без отслаивания и растрескивания покрытия, не менее при температурах: от минус $(45 \pm 3) ^\circ\text{C}$ до плюс $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$	10
8	Коэффициент снижения удельной касательной силы морозного пучения ($K_{\text{пн}}$), не менее	1,6

Представленная на испытания система защитного покрытия ОСПТ «Reline» выполнена на основе материалов, которые произведены и отобраны в условиях завода-изготовителя предприятия ЗАО «УЗПТ «Маяк»», Челябинская обл., г.Озерск.

Для проведения испытаний системы защитного покрытия на основе полимерной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline» на бетоне, исполнителем были изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТов на методы испытаний контрольные образцы, а также образцы бетона, предназначенные для нанесения системы покрытия.

Изготовлены бетонные образцы двух составов:

Состав 1 - класс бетона В 20, марка по водонепроницаемости W 8.

Расход материалов на 1 куб.м бетона:

Ц : П : Щ = 340 кг : 680 кг : 1164 кг, В = 145 л, В/Ц = 0,44

Состав 2- класс бетона В 20, марка по водонепроницаемости W 10.

Расход материалов на 1 куб.м бетона:

Ц : П : Щ = 360 кг : 660 кг : 1145 кг, В = 155 л, В/Ц = 0,44

Для проведения испытаний были изготовлены из каждого состава бетона и использованы в соответствии с требованиями ГОСТов следующие виды образцов:

1. бетонные образцы- цилиндры диаметром 150 мм и высотой 150 мм, в количестве 12 штук, для испытаний на диффузионную проницаемость CO_2 .
2. бетонные образцы - цилиндры диаметром 150 мм и высотой 150 мм, в количестве 12 штук, для испытаний на проницаемость хлорид-ионов.
3. бетонные образцы-кубы размером 100x100x100 мм, в количестве 36 штук, для испытаний на морозостойкость.
4. бетонные образцы-кубы размером 100x100x100 мм, в количестве 5 штук, для испытаний на адгезию покрытия с бетоном.

После изготовления бетонные образцы были выдержаны в камере естественного твердения при температуре $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90 % в течение 28 суток, затем переданы Заказчику для нанесения системы защитного покрытия.

Контрольные образцы бетона без покрытия хранились до испытаний у Исполнителя в условиях камеры естественного твердения при температуре $(20\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 90 %.

Подготовку поверхности бетонных образцов перед нанесением системы защитного покрытия, нанесение системы ОСПТ «Reline» на образцы проводили представители Заказчика в соответствии с требованиями «Технологической инструкции по нанесению противопучинного термоусаживаемого покрытия ОСПТ «Reline» на бетонные сваи и фундаменты».

Для проведения испытаний на прочность покрытия при ударе и эластичность покрытия при изгибе были изготовлены следующие образцы:

1. металлические пластины из листовой стали 09Г2С размером 150x150 мм x 0,25/0,63 мм, в количестве 5 штук, для испытаний на прочность покрытия при ударе.
2. металлические пластины из листовой стали 09Г2С размером 150x150 мм x 0,25/0,63мм, в количестве 5 штук, для испытаний на эластичность покрытия при изгибе.

Металлические пластины из листовой стали 09Г2С размером 150x150 мм x 0,25/0,63 мм с нанесенной системой покрытия были изготовлены Заказчиком и предоставлены Исполнителю для проведения испытаний.

В соответствии с техническим заданием к договору проведены испытания системы защитного покрытия на основе полимерной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline» на бетоне и металле по следующим показателям:

- определение диффузионной проницаемости для углекислого газа (CO_2) бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;

- определение проницаемости для хлорид-ионов бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение морозостойкости бетона с покрытием по сравнению с контрольными образцами;
- определение адгезионной прочности сцепления покрытия с бетоном;
- определение прочности покрытия ОСПТ на металлической подложке при ударе и эластичности при изгибе.

Поскольку термоусаживаемое полимерное покрытие ОСПТ «Reline» для защиты бетонных и железобетонных конструкций разработано впервые и не имеет нормированных показателей, установленных ГОСТ 31384-2017 и СП 28.13330.2017, оценка эффективности покрытия основана на методе сравнения основных показателей, полученных при испытаниях контрольных образцов без покрытия и образцов с покрытием.

Сведения о средствах измерений и испытательном оборудовании, используемых в лабораторных исследованиях представлены в таблице Приложение 1.

2. Определение основных показателей качества системы противопучинного термоусаживаемого покрытия ОСПТ«Reline» на бетоне

2.1. Определение диффузионной проницаемости бетона с покрытием ОСПТ«Reline» для CO₂

Определение диффузионной проницаемости для углекислого газа бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline» и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 31383-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний».

Согласно методике диффузионную проницаемость определяли на основании данных о скорости нейтрализации (карбонизации) бетона углекислым газом в отсутствие градиента общего давления газовой среды при наличии разности концентрации углекислого газа в бетоне и окружающей среде в период, когда процесс нейтрализации ограничен скоростью диффузии углекислого газа в пористой структуре бетона.

Испытания проводили на установке для испытаний бетона в среде углекислого газа УИУГ-10 с автоматическим поддержанием заданной концентрации углекислого газа. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1, общий вид камеры – на рисунке 2.

Образцы, предназначенные для испытаний, выдерживали в камере с относительной влажностью $(75\pm 3)\%$ при температуре $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$ до установления постоянной массы, после чего помещали в герметичную камеру со следующими параметрами газовой среды: концентрация CO₂ – $(10\pm 5)\%$ (по объему); относительная влажность воздуха – $(75\pm 3)\%$; температура – $(20\pm 5)^{\circ}\text{C}$.

Образцы выдерживали в камере в течение 14 суток, промежуточные определения проводили в 7 суток.

По истечении заданного срока образцы извлекали из камеры и раскалывали в направлении, нормальном рабочей грани. На поверхность скола по периметру образца наносили 0,1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина.

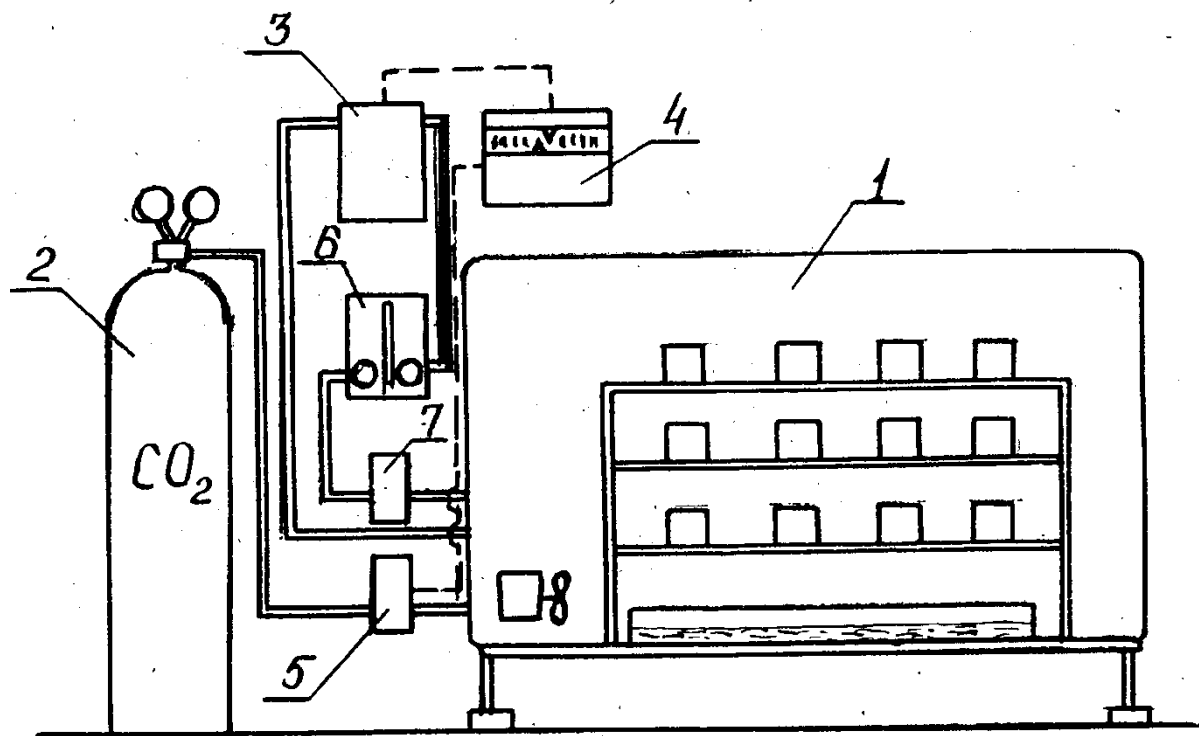


Рисунок 1 – Схема установки для испытаний бетона в среде углекислого газа УИУГ-10

1. камера;
2. баллон с CO₂;
3. автоматический газоанализатор;
4. показывающий командный прибор;
5. электрический клапан;
6. блок регулирования потока газа в трубопроводе газоанализатора;
7. побудитель расхода газа;
8. вентилятор



Рисунок 2 – Общий вид камеры для определения диффузионной проницаемости бетона для углекислого газа.

Мерной линейкой с точностью до 0,1 см измеряли толщину нейтрализованного слоя бетона, которая равна расстоянию от поверхности образца до слоя, окрашенного в малиновый цвет. Измерения проводили через 1 см по периметру образца.

Среднее значение толщины нейтрализованного слоя бетона x , см, рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \text{ где } n - \text{число измерений.}$$

Реакционную емкость бетона m_0 в относительных величинах, рассчитывали по формуле:

$$m_0 = 0,4 \cdot c \cdot p \cdot f, \text{ где } c - \text{содержание цемента, г в } 1 \text{ см}^3 \text{ бетона;}$$

p – количество основных оксидов в цементе в пересчете на CaO в относительных величинах по массе, принимаемое по данным химического анализа ($\sim p = 0,6$);

f – степень нейтрализации бетона, равная отношению количества основных оксидов, вступивших во взаимодействие с углекислым газом, к общему их количеству в цементе ($\sim f = 0,6$).

Эффективный коэффициент диффузии углекислого газа в бетоне D' , см²/с рассчитывали по формуле:

$$D' = \frac{m_0 \cdot x^2}{2 \cdot c \cdot \tau},$$

где m_0 – реакционная емкость бетона или объем газа, поглощенный единицей объема бетона;

x – толщина нейтрализованного слоя бетона; см;

c – концентрация углекислого газа в относительных величинах по объему;

τ – продолжительность воздействия газа на бетон, с.

Внешний вид бетонных образцов после испытаний приведен на рисунках 3-6. Результаты испытаний приведены в таблице 2-3.



Рисунок 3 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия на основе ОСПТ «Reline» после 7 суток испытаний



Рисунок 4 – Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 7 суток испытаний



Рисунок 5 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» после 14 суток испытаний



Рисунок 6 – Внешний вид контрольных бетонных образцов (без покрытия) после 14 суток испытаний

Таблица 2 – Диффузионная проницаемость для углекислого газа бетона с системой покрытия ОСПТ «Reline»
Состав 1 (B20 W8)

Вид бетонных образцов (маркировка)	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через						Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д'см ² /с			
			7 суток			14 суток			7 суток	14 суток	Среднее значение	
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	
С системой покрытия ОСПТ «Reline»	1-1	Верхняя	0							0	–	0 (бетон не карбонизирован)
		Нижняя	0	0	–	–	–	–				
		Боковые	0									
	1-2	Верхняя	0							0	–	
		Нижняя	0	0	–	–	–	–				
		Боковые	0									
	1-3	Верхняя	0							0	–	
		Нижняя	0	0	–	–	–	–				
		Боковые	0									
	1-4	Верхняя					0			–	0	
		Нижняя	–	–	–	–	0	0	–			
		Боковые					0					
	1-5	Верхняя					0			–	0	
		Нижняя	–	–	–	–	0	0	–			
		Боковые					0					
	1-6	Верхняя					0			–	0	
		Нижняя	–	–	–	–	0	0	–			
		Боковые					0					

Окончание таблицы 2

Вид бетонных образцов (маркировка)	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через						Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д'см ² /с			
			7 суток			14 суток			7 суток	14 суток	Среднее значение	
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	
Контрольные без покрытия	1к-1	Верхняя	0,0	1,75	5,0	-	-	-	0,11×10 ⁻⁴	-	0,10×10 ⁻⁴	
		Нижняя	0,0									
		Боковые	2,0 5,0									
	1к-2	Верхняя	1,0	2,3	6,0	-	-	-	0,10×10 ⁻⁴	-		
		Нижняя	0,0									
		Боковые	6,0 2,3									
	1к-3	Верхняя	0,0	2,25	5,0	-	-	-	0,09×10 ⁻⁴	-		
		Нижняя	0,0									
		Боковые	4,0 5,0									
	1к-4	Верхняя	-	-	-	1,0	2,75	5,0	-	0,28×10 ⁻⁴		
		Нижняя	-									
		Боковые	-									
	1к-5	Верхняя	-	-	-	5,0	5,7	8,0	-	0,6×10 ⁻⁴		
		Нижняя	-									
		Боковые	-									
	1к-6	Верхняя	-	-	-	5,0	5,2	8,0	-	0,5×10 ⁻⁴		
		Нижняя	-									
		Боковые	-									
						7,8						

Таблица 3 – Диффузионная проницаемость для углекислого газа бетона с системой покрытия ОСПТ «Reline»
Состав 2 (B20 W10)

Вид бетонных образцов (маркировка)	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через						Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д'см ² /с			
			7 суток			14 суток			7 суток	14 суток	Среднее значение	
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	
С системой защитного покрытия ОСПТ «Reline»	2-1	Верхняя	0							0	-	0 (бетон не карбонизирован)
		Нижняя	0	0	-	-	-	-				
		Боковые	0									
	2-2	Верхняя	0							0	-	
		Нижняя	0	0	-	-	-	-				
		Боковые	0									
	2-3	Верхняя	0							0	-	
		Нижняя	0	0	-	-	-	-				
		Боковые	0									
	2-4	Верхняя					0			-	0	
		Нижняя	-	-	-	-	0	0	-			
		Боковые					0					
	2-5	Верхняя					0			-	0	
		Нижняя	-	-	-	-	0	0	-			
		Боковые					0					
	2-6	Верхняя					0			-	0	
		Нижняя	-	-	-	-	0	0	-			
		Боковые					0					

Окончание таблицы 3

Вид бетонных образцов (маркировка)	№ образца	Грани образца	Глубина карбонизации, мм, через						Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , Д'см ² /с		
			7 суток			14 суток			7 суток	14 суток	Среднее значение
			Средняя по грани	Средняя по образцу	max	Средняя по грани	Средняя по образцу	max			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
Контрольные без покрытия	2к-1	Верхняя	1,0	2,6	5,0	-	-	-	0,25×10 ⁻⁴	-	0,15×10 ⁻⁴
		Нижняя	0,0								
		Боковые	5,0 4,3								
	2к-2	Верхняя	0,0	2,5	6,0	-	-	-	0,11×10 ⁻⁴	-	
		Нижняя	0,0								
		Боковые	4,5 5,3								
	2к-3	Верхняя	1,0	2,2	5,0	-	-	-	0,09×10 ⁻⁴	-	
		Нижняя	0,0								
		Боковые	3,8 4,0								
	2к-4	Верхняя	-	-	-	1,0	2,95	6,0	-	0,33×10 ⁻⁴	
		Нижняя	-								
		Боковые	-								
	2к-5	Верхняя	-	-	-	1,0	2,9	6,0	-	0,16×10 ⁻⁴	
		Нижняя	-								
		Боковые	-								
	2к-6	Верхняя	-	-	-	1,0	3,1	6,0	-	0,18×10 ⁻⁴	
		Нижняя	-								
		Боковые	-								
						5,3					

Результаты испытаний показали, что система защитного покрытия ОСПТ «Reline» по бетону является непроницаемой для углекислого газа – бетон всех граней образцов под покрытием не карбонизирован, в то время как глубина карбонизированного слоя контрольного бетона состава 1 достигала 8 мм, состава 2 – 6 мм, а среднее значение эффективного коэффициента диффузии углекислого газа в бетоне составило $0,46 \times 10^{-4}$ см²/с и $0,67 \times 10^{-4}$ см²/с соответственно.

2.2. Определение проницаемости бетона с покрытием ОСПТ «Reline» для хлорид-ионов

Определение проницаемости для хлорид-ионов бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline» и бетонных образцов без защиты (контрольные образцы) проводили экспресс – методом, разработанным в НИИЖБ им. Гвоздева А.А.

Подготовленные образцы помещали в жидкую, сильно агрессивную по отношению к бетону среду с содержанием хлоридов в пересчете на хлор-ион 60000 мг/л.

Образцы находились под воздействием этой среды в течение двух месяцев с промежуточными испытаниями через один месяц.

По истечении данного времени образцы извлекали из агрессивного раствора NaCl и из них отбирали пробы растворной части бетона в различных точках образца: торцевых и боковых граней на расстоянии до 0,5см; 1 и 2 см от поверхности и в центре образца.

Метод основан на хорошей растворимости хлористых солей и на различии в окраске смеси растворов хромата серебра и хлористых солей в зависимости от концентрации хлорид-иона.

Экспресс-метод позволяет оценить: содержатся ли хлориды в бетоне в опасной концентрации для арматурной стали и установить содержание хлоридов в пределах от 0 до $\leq 0,45\%$ к массе цемента в бетоне.

Подбором концентрации реагентов – хромата калия, нитрата серебра и азотной кислоты в присутствии жидкой фазы бетона определен диапазон изменения окраски, соответствующий переходу арматурной стали в бетоне из пассивного состояния в активное.

Отобранную пробу бетона помещали в пробирку, добавляли дистиллированную воду. Через 10 минут, необходимых для перехода

растворимых хлоридов в раствор, добавляли нитрат серебра и раствор хромата калия. Окраску раствора в пробирке сравнивали с окраской на эталонном рисунке и оценивали концентрацию хлорид-ионов.

Результаты испытаний приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание хлорид-ионов в бетоне с системой покрытия ОСПТ «Reline»

Место отбора пробы от поверхности образца, мм	Концентрация хлорид-ионов (% от массы цемента) в бетоне*			
	B20W8		B20W10	
	Образцы с системой покрытия ОСПТ «Reline»	Контрольные образцы (без покрытия)	Образцы с системой покрытия ОСПТ «Reline»	Контрольные образцы (без покрытия)
0÷10	Отсутствуют	Более 0,45 по всему сечению образца	Отсутствуют	Более 0,45 по всему сечению образца
20	Отсутствуют		Отсутствуют	
30	Отсутствуют		Отсутствуют	
50	Отсутствуют		Отсутствуют	
* Средние результаты по пяти образцам				

Результаты испытаний показали, что применение системы защитного покрытия на основе материала ОСПТ «Reline» по бетону полностью защищает бетон от проникновения в него хлорид-ионов из растворов. Хлорид-ионы не были обнаружены ни под покрытием, ни в центре образцов, в то время как в контрольных образцах (без покрытия) содержание хлоридов по всему объему бетона превышало критическую концентрацию (более 0,45 % к массе цемента).

2.3. Определение морозостойкости бетона с покрытием ОСПТ «Reline»

Испытания на морозостойкость бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» и контрольных бетонных образцов без покрытия проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости» по ускоренному третьему методу. Морозостойкость определяли при многократном переменном замораживании-оттаивании в 5%-ном растворе хлорида натрия при температуре минус $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Оттаивание образцов происходило при температуре плюс $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Испытания проводили в климатической камере DV 1600C, Италия.

Общий вид климатической камеры представлен на рисунке 7. Внешний вид бетонных образцов в кассетах для испытаний на морозостойкость представлен на рисунке 8. Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость представлен на рисунке 9.

Условное соотношение между числом циклов испытаний третьим ускоренным методом, основанным на замораживании-оттаивании образцов в 5 %-ном растворе хлорида натрия, морозостойкостью бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» и бетонных образцов без защиты принимали по таблице 5 настоящего Заключения и по таблице 4 ГОСТ 10060-2012.

Для контроля параллельно испытаниям находились образцы в 5 %-ном растворе хлорида натрия (без замораживания-оттаивания).

Таблица 5 – Соотношение между числом циклов испытаний и маркой бетона по морозостойкости

Число циклов испытаний замораживания-оттаивания	5	10	20
Марка бетона по морозостойкости	F ₂ 100	F ₂ 150	F ₂ 200



Рисунок 7 – Общий вид климатической камеры DV 1600S для испытаний на морозостойкость



Рисунок 8 – Внешний вид бетонных образцов в кассетах для испытаний на морозостойкость



Рисунок 9 – Внешний вид образцов перед испытаниями на морозостойкость

Морозостойкость бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» (составы 1 и 2) и контрольных бетонных образцов определяли по изменению прочности на сжатие и изменению внешнего вида образцов.

Прочность бетона на сжатие определяли на испытательном прессе, модель ИП6013-2000-1. Общий вид машины для испытаний на сжатие представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Общий вид машины для испытаний на сжатие ИП6013-2000-1

При определении прочности для бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» линейные размеры образцов принимали без учета толщины материала, т.е. равными 100x100 мм. Соответственно площадь поперечного сечения, F, равна 100,0 см².

Для определения количества циклов испытаний с целью расчета нижней границы доверительного интервала X_{\min}^{II} изменение прочности на сжатие определяли в соответствии с п. 7.2 ГОСТ 10060-95, где среднее максимально допустимое уменьшение прочности на сжатие образцов не должно превышать 5 %.

Изменение прочности на сжатие для бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» определяли после 5, 10 и 20 циклов замораживания-оттаивания. Также определяли прочность бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания). После 5 циклов испытаний снижение прочности составило 2,7% для состава 1 и 2,14% для состава 2, после 10 циклов – 3,6 и 2,98 %, после 20 циклов – 4,95 и 4,7 % соответственно.

Для контрольных бетонных образцов (без защиты) прочность бетона на сжатие определяли после 5, 10 и 20 циклов замораживания-оттаивания. Также определяли прочность бетонных образцов насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания). После 5 циклов испытаний снижение прочности составило 4,18% для состава 1 и 3,77% для состава 2, после 10 циклов – 9,21 и 8,79 %, после 20 циклов – 21,76 и 20,92 % соответственно.

Обработку результатов определения прочности на сжатие бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» и бетонных образцов без защиты выполняли в следующем порядке.

Рассчитывали среднее значение прочности $X_{\text{ср}}$ ($R_{\text{ср}}$) по формуле:

$$X_{\text{ср}} = \frac{\sum X_i}{n}$$

где X_i - прочность одного образца, МПа; n - число образцов.

Среднеквадратическое отклонение σ_n определяли по формуле:

$$\sigma_n = \frac{W_m}{\alpha},$$

где W_m - размах единичных значений прочности бетона в серии, определяемый как разность между максимальным и минимальным единичными значениями прочности, МПа; α - коэффициент, зависящий от числа единичных значений прочности бетона в серии, принимали по таблице 6 ГОСТ 100160-2012. Для серии из 6 образцов α равен 2,5.

Коэффициент вариации прочности V_m рассчитывали по формуле:

$$V_m = \frac{\sigma_n}{X_{cp}}$$

Определяли нижнюю границу доверительного интервала для контрольных образцов X_{min}^I по формуле:

$$X_{min}^I = X_{cp}^I - t_{\beta} \sigma_n^I$$

и для основных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» X_{min}^{II} после замораживания и оттаивания по формуле:

$$X_{min}^{II} = X_{cp}^{II} - t_{\beta} \sigma_n^{II},$$

где t_{β} - критерий Стьюдента при доверительной вероятности 0,95, принимаемый по таблице 7 ГОСТ 100160-2012 в зависимости от числа испытываемых образцов. Для серии из 6 образцов t_{β} равен 2,57.

Образцы считают выдержавшими испытание на морозостойкость, если соблюдается соотношение:

$$X_{min}^{II} \geq 0,9 X_{min}^I$$

Нижнюю границу доверительного интервала X_{min}^I рассчитывали по прочности на сжатие насыщенных раствором образцов, не подвергавшихся замораживанию-оттаиванию.

Результаты испытаний на морозостойкость по изменению внешнего вида бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» по сравнению с бетоном без

защиты представлены в таблице 6, по изменению прочности на сжатие – в таблице 7.

Таблица 6 – Изменение внешнего вида образцов в процессе испытания на морозостойкость

Вид бетонных образцов	Состав бетона	Число циклов испытаний замораживания-оттаивания		
		5	10	20
Образцы с системой покрытия ОСПТ «Reline»	Класс В20 W8	Без изменений	Без изменений	На отдельных гранях отслоение системы покрытия, шелушение грунтовочного слоя и бетона
	Класс В20 W10	Без изменений	Без изменений	На отдельных гранях отслоение системы покрытия, шелушение грунтовочного слоя и бетона
Контрольные образцы бетона	Класс В20 W8	На отдельных гранях шелушение поверхности бетона	Шелушение поверхности бетона, оголение крупного заполнителя	Разрушение бетонных образцов
	Класс В20 W10	На отдельных гранях шелушение поверхности бетона	Шелушение поверхности бетона на отдельных гранях	Разрушение бетонных образцов

Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» после 5, 10 и 20 циклов замораживания-оттаивания представлен на рисунках 11-12.

Таблица 7 – Результаты испытаний на морозостойкость по прочности на сжатие

Вид бетонных образцов	Состав бетона	Контроль-ные, X_{min}^I	Число циклов испытаний замораживания-оттаивания			Марка по морозостойкости
			5	10	20	
			X_{min}^{II} , МПа	X_{min}^{II} , МПа	X_{min}^{II} , МПа	
Образцы с системой покрытия ОСПТ «Reline»	Класс В20 W8	22,2	21,6	21,4	21,1	Не менее F ₂₀₀
	Класс В20 W10	23,4	22,9	22,8	22,3	Не менее F ₂₀₀
Контрольные образцы бетона	Класс В20W8	23,9	22,9	21,7	18,7	F ₂₁₅₀
	Класс В20 W10	23,9	23,0	21,8	18,9	F ₂₁₅₀

Для насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания) бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» состав 1 нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^I = 22,2$ МПа. После 20 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^{II} = 21,1$ МПа. Соотношение $X_{min}^{II} \geq 0,9 X_{min}^I$ (п. 5.2.4.3 ГОСТ 10060-2012) выполняется.

Для насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания) бетонных образцов с покрытием ОСПТ «Reline» состав 2 нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^I = 23,4$ МПа. После 20 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{min}^{II} = 22,3$ МПа. Соотношение $X_{min}^{II} \geq 0,9 X_{min}^I$ (п. 5.2.4.3 ГОСТ 10060-2012) выполняется.

По результатам определения прочности на сжатие в процессе замораживания-оттаивания бетонные образцы с покрытием ОСПТ «Reline»

состава 1 и 2 выдержали 20 циклов по третьему ускоренному методу, что соответствует марке по морозостойкости не менее F₂200.

Для насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания) контрольных бетонных образцов состава 1 (без защиты) нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^I = 23,9$ МПа. После 10 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^{II} = 21,7$ МПа. Соотношение $X_{\min}^{II} \geq 0,9 X_{\min}^I$ выполняется. После 20 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^{II} = 18,7$ МПа. Соотношение $X_{\min}^{II} \geq 0,9 X_{\min}^I$ не выполняется. Следовательно, контрольные образцы состав 1 выдержали 10 циклов испытаний замораживания-оттаивания, что соответствует марке по морозостойкости F₂150.

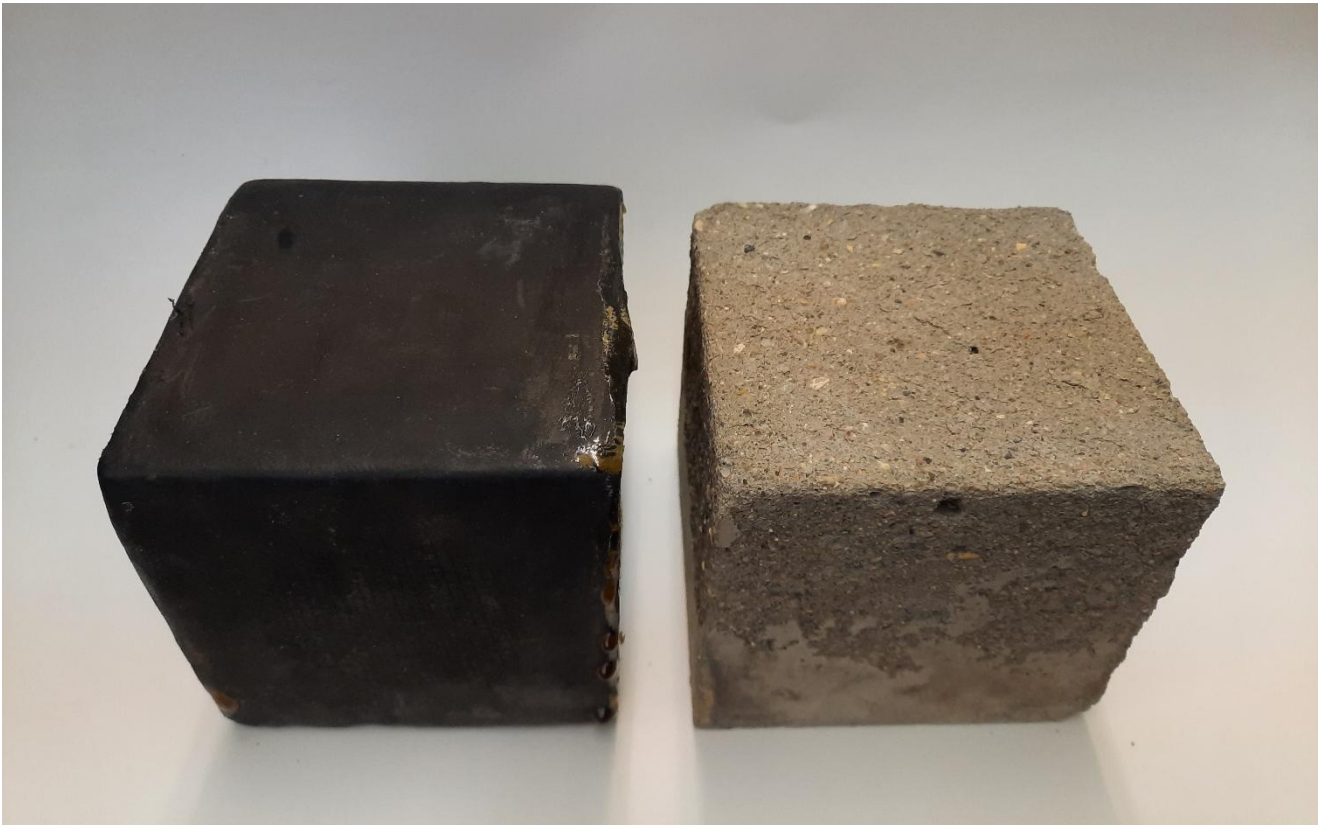
Для насыщенных раствором (без замораживания-оттаивания) контрольных бетонных образцов состава 2 (без защиты) нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^I = 23,9$ МПа. После 10 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^{II} = 21,8$ МПа. Соотношение $X_{\min}^{II} \geq 0,9 X_{\min}^I$ выполняется. После 20 циклов замораживания-оттаивания нижняя граница доверительного интервала $X_{\min}^{II} = 18,9$ МПа. Соотношение $X_{\min}^{II} \geq 0,9 X_{\min}^I$ не выполняется. Следовательно, контрольные образцы состав 2 выдержали 10 циклов испытаний замораживания-оттаивания, что соответствует марке по морозостойкости F₂150.

Результаты испытаний на морозостойкость показали, что:

- контрольные бетонные образцы (без защиты) обоих составов выдержали 10 циклов по третьему ускоренному методу, что соответствует марке по морозостойкости F₂150.

- бетонные образцы с покрытием ОСПТ «Reline» обоих составов выдержали не менее 20 циклов по третьему ускоренному методу, что соответствует марке по морозостойкости не менее F₂200.

Таким образом, нанесение на поверхность бетона системы защитного покрытия ОСПТ «Reline» позволяет повысить марку бетона по морозостойкости с F₂150 до не менее F₂200.



А



Б

Рисунок 11 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline» :

А – после 5 циклов, Б - после 10 циклов



Рисунок 12 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline» после 20 циклов замораживания-оттаивания

2.4. Определение адгезионной прочности сцепления покрытия ОСПТ «Reline» с бетоном

Определение прочности сцепления (адгезии) системы покрытия ОСПТ «Reline» с бетоном проводили в соответствии с ГОСТ 28574-2014 «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий». Для определения количественной величины адгезии системы к бетону использовали метод нормального отрыва, заключающийся в измерении силы отрыва покрытия от защищаемой поверхности при помощи приклеенного к покрытию металлического штампа и адгезиметра. В качестве адгезиметра использовали прибор – измеритель прочности сцепления (адгезии) защитных покрытий ПСО-10МГ4.

Общий вид прибора ПСО-10МГ4 представлен на рисунке 13. Величину адгезии (R) материала вычисляли по формуле:

$$R = \frac{F}{A}, \text{ МПа}$$

где F – значение силы, при которой произошел отрыв, Н;

A – площадь отрыва, м².

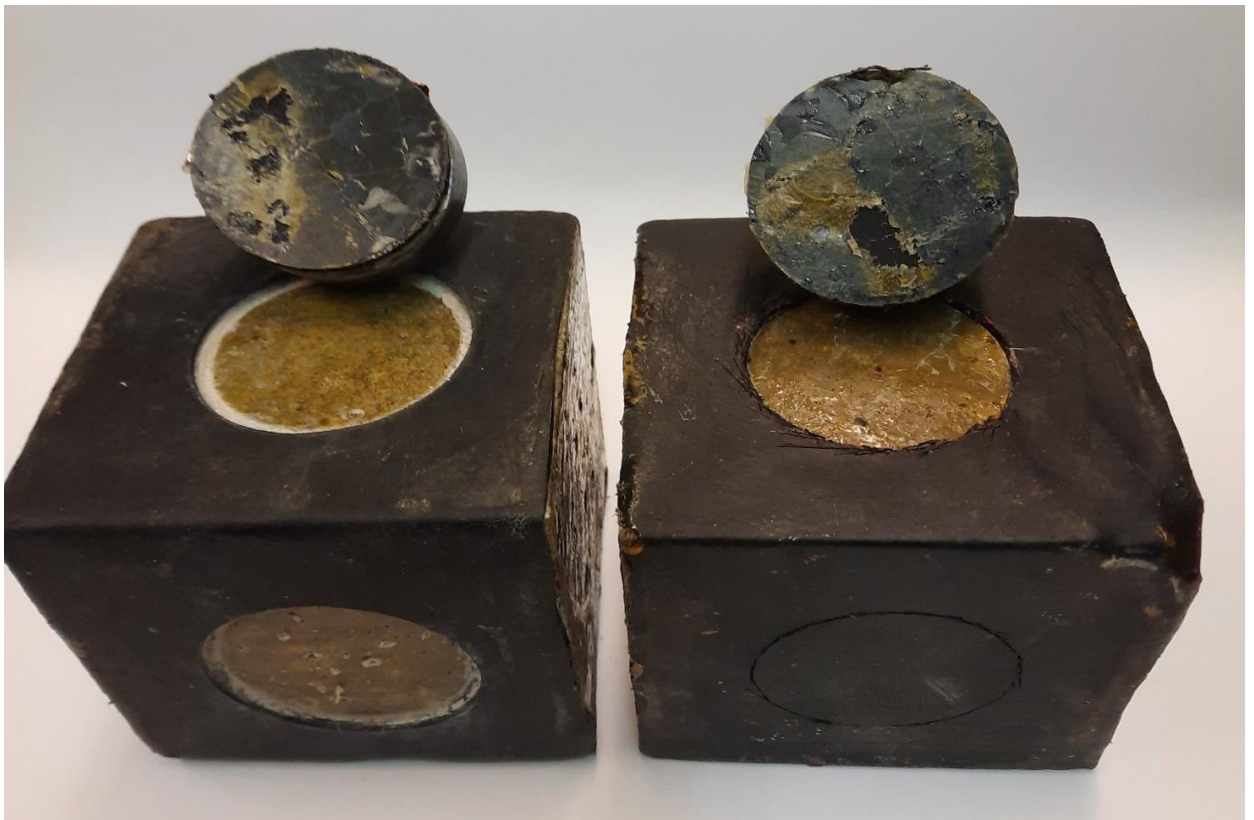
Определение прочности сцепления (адгезии) системы покрытия ОСПТ «Reline» с бетоном проводили в исходном состоянии и после воздействия знакопеременных температур по разделу 2.3. настоящего Заключение. Внешний вид образцов до и после испытаний на адгезию в исходном состоянии представлен на рисунке 14. Внешний вид образцов после воздействия знакопеременных температур и испытаний на адгезию представлен на рисунках 15-16. Результаты испытаний приведены в таблице 8.



Рисунок 13 – Измеритель прочности сцепления (адгезии) ПСО-10МГ4



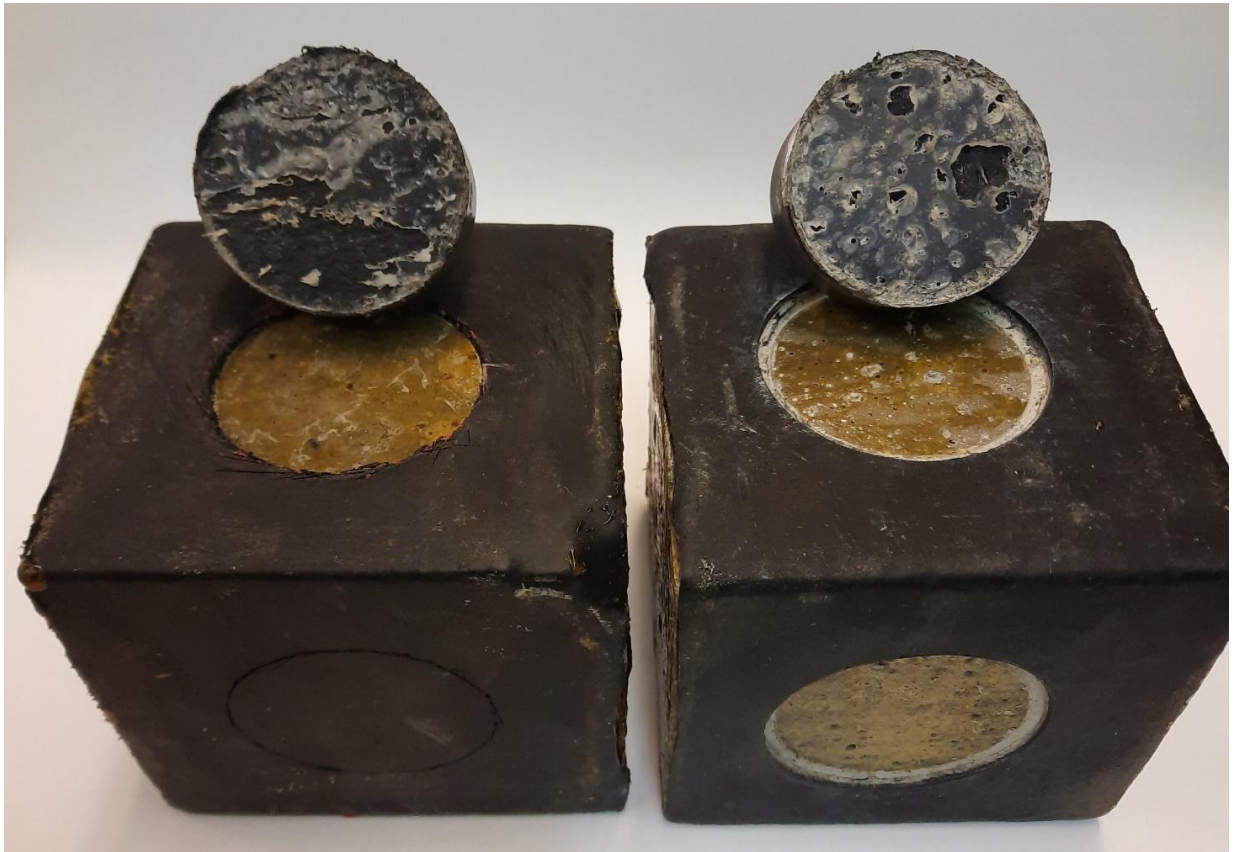
А



Б

Рисунок 14 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline».

А - до испытаний на адгезию, Б - после испытаний на адгезию



А



Б

Рисунок 15 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» :

А – после 5 циклов, Б - после 10 циклов

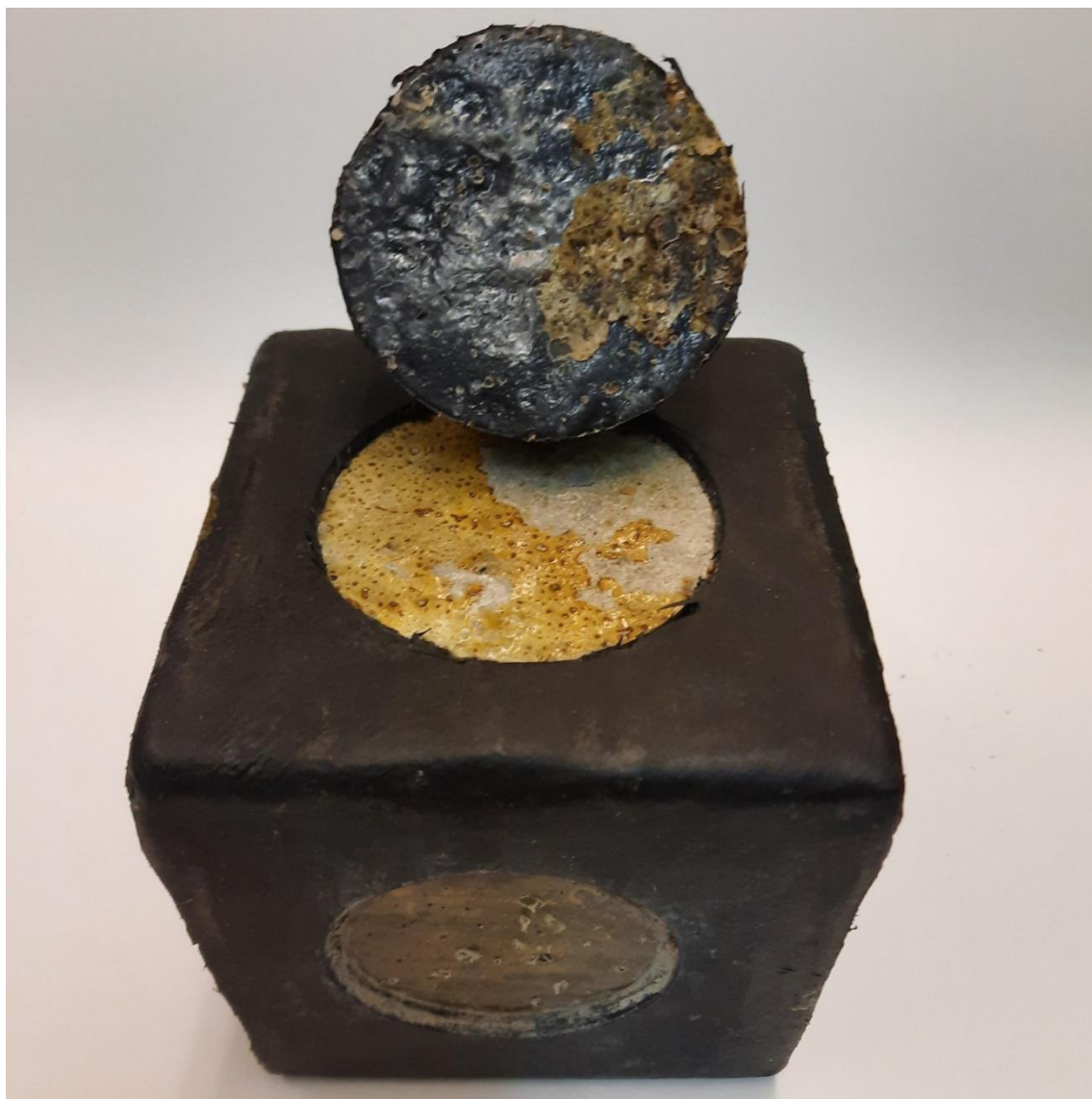


Рисунок 16 – Внешний вид бетонных образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» после 20 циклов

Таблица 8 – Адгезия образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» в процессе испытания на морозостойкость

Состав бетона	Наименование показателя, единица измерений	Исходное значение	Число циклов испытаний замораживания-оттаивания		
			5	10	20
Класс В20 W8	Адгезия*, МПа	не менее 0,5	не менее 0,5	не менее 0,5	0,5
	Характер отрыва	отрыв адгезионного подслоя покрытия- оболочки от грунтовочного слоя системы			отрыв от бетона
Класс В20 W10	Адгезия*, МПа	не менее 0,5	не менее 0,5	не менее 0,5	0,5
	Характер отрыва	отрыв адгезионного подслоя покрытия - оболочки от грунтовочного слоя системы			отрыв от бетона
* Средние результаты по пяти образцам					

Результаты определения адгезии системы покрытия ОСПТ «Reline» к бетонной поверхности показали следующее:

- величина адгезии системы покрытия к бетону в исходном состоянии составляет не менее 0,5 МПа. Характер отрыва когезионный, происходит отрыв оболочки от грунтовочного слоя системы покрытия.
- величина адгезии системы покрытия к бетону после 20 циклов замораживания оттаивания не изменяется и составляет 0,5 МПа. Характер отрыва адгезионный, отрыв происходит, в основном, от поверхности бетона.

3. Определение прочности покрытия ОСПТ «Reline» на металлической подложке при ударе и эластичности при изгибе.

Определение основных деформативных свойств системы защитного покрытия ОСПТ «Reline» (прочности при ударе и эластичности при изгибе) проводили на металлических пластинах, изготовленных и предоставленных Заказчиком. Испытания проводили на образцах с покрытием в исходном состоянии и после воздействия на них знакопеременных температур при многократном переменном замораживании при температуре минус $(50 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ и оттаивании образцов при температуре плюс $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$. Замораживание образцов проводили в климатической камере DV 1600C.

Испытания по определению эластичности системы покрытия при изгибе проводили в соответствии с ГОСТ 31974-2012 «Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности покрытия при изгибе вокруг цилиндрического стержня». Сущность метода заключается в определении минимального диаметра металлического цилиндрического стержня, изгибание на котором металлической пластинки с покрытием не вызывает механического разрушения, трещин в месте изгиба, растрескивания и/или отслаивания покрытия от поверхности.

Испытания проводили на приборе шкала гибкости «Константа ШГ1» до совпадения результатов на 3 пластинах на стержнях диаметром 1, 2 и 3 мм. Пластинку накладывали на стержни покрытием наружу и, плотно прижимая ее к стержню, плавно изгибали в течение 1-2 с на 180° вокруг стержня. Покрытие в местах изгиба осматривали с помощью лупы с 10-кратным увеличением.

Испытания по определению прочности системы покрытия при ударе проводили в соответствии с ГОСТ Р 53007-2008 «Материалы лакокрасочные. Метод испытания на быструю деформацию (прочность при ударе)». Сущность метода заключается в нанесении с определенной высоты ударного воздействия по покрытию бойком с наконечником сферической формы и тарированной массы, и определении минимальной высоты падения и массы груза, приводящих к растрескиванию и/или отслаиванию покрытия от поверхности. Испытания

проводили на приборе «Константа У2». Показатель прочности при ударе определяли по пяти совпадающим результатам испытаний падения груза массой 1 кг (со стальным бойком со сферической головкой диаметром 15,9 мм) с высоты 50, 75 и 100 см. Покрытие на испытуемой пластине осматривали с помощью лупы с 10-кратным увеличением.

Результаты испытаний системы защитного покрытия ОСПТ «Reline» по основным деформативным свойствам на металлической подложке после воздействия знакопеременных температур представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Деформативные свойства системы покрытия ОСПТ «Reline» на металлической подложке.

№ п/п	Наименование показателя, единица измерений	Исходное значение	Число циклов испытаний замораживания-оттаивания		
			10	20	30
1	Внешний вид покрытия	Однородное покрытие Отсутствие пузырей, вздутий, нарушений целостности	без измене ний	без измене ний	без измене ний
2	Эластичность системы покрытия при изгибе, мм	не более 1	не более 1	не более 1	не более 1
3	Прочность системы покрытия при ударе, кг · см	не менее 100	не менее 100	не менее 100	не менее 100
* Средние результаты по пяти образцам					

По результатам испытаний система покрытия ОСПТ «Reline» на металле выдержала 30 циклов замораживания -оттаивания без изменений внешнего вида, дефектов защитного покрытия не обнаружено.

Система покрытия ОСПТ «Reline» обладает высокими деформативными свойствами (эластичность при изгибе – не более 1мм, прочность при ударе не менее 100 кг см). При воздействии знакопеременных температур деформативные свойства системы покрытия не изменяются и сохраняются на исходном уровне.

Внешний вид образцов с системой покрытия ОСПТ«Reline» для проведения испытаний приведен на рисунках 17-18.



Рисунок 17 – Внешний вид образцов с системой покрытия ОСПТ «Reline» для определения прочности при изгибе



Рисунок 18 – Внешний вид образца с системой покрытия ОСПТ «Reline» для определения прочности при ударе

4. Выводы.

Результаты испытаний системы защитного покрытия на основе противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline» по основным показателям качества на образцах предоставленных Заказчиком, приведены в обобщенной таблице 10.

Таблица 10 – Результаты испытаний системы противопучинного термоусаживаемого покрытия ОСПТ «Reline» на бетоне и на металле по основным показателям качества

№	Наименование показателя, единица измерения	Обозначение НТД на испытание	Результаты испытаний			
			Бетон с системой покрытия ОСПТ «Reline»		Бетон без защиты	
			B20 W 8	B20 W10	B20 W 8	B20 W10
1	Эффективный коэффициент диффузии CO ₂ , см ² /с	ГОСТ 31383-2008	0	0	0,46×10 ⁻⁴	0,67×10 ⁻⁴
2	Проницаемость хлорид-ионов, % от массы цемента	ГОСТ 31383-2008	хлорид-ионы отсутствуют	хлорид-ионы отсутствуют	≥ 0,45	≥ 0,45
3	Морозостойкость, F ₂	ГОСТ 10060-2012	не менее F ₂₀₀	не менее F ₂₀₀	F ₂₁₅₀	F ₂₁₅₀
4	Прочность сцепления системы с бетоном (адгезия), МПа	ГОСТ 28574-2014	0,5	0,5	–	–
5	Прочность покрытия при ударе, кг·см.	ГОСТ 31974-2012	Не менее 100	Не менее 100	–	–
6	Эластичность покрытия при изгибе, мм	ГОСТ 53007-2008	Не более 1,0	Не более 1,0	–	–

Полученные результаты испытаний системы защитного покрытия на основе противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline», позволяют сделать следующие выводы:

1. Система покрытия ОСПТ «Reline» по бетону является непроницаемой для углекислого газа – бетон всех граней образцов под покрытием не карбонизирован, в то время как глубина карбонизированного слоя контрольного бетона (без защиты) состава 1 достигала 8 мм, состава 2 – 6 мм, а среднее значение эффективного коэффициента диффузии углекислого газа в бетоне составило $0,46 \times 10^{-4}$ см²/с и $0,67 \times 10^{-4}$ см²/с соответственно.

2. Применение системы покрытия ОСПТ «Reline» полностью защищает бетон от проникновения в него хлорид-ионов из растворов. Хлорид-ионы не были обнаружены ни под покрытием, ни в центре образцов, в то время как в контрольных образцах (без покрытия) содержание хлоридов по всему объему бетона превышало критическую концентрацию (более 0,45 % к массе цемента).

3. Нанесение на поверхность бетона системы защитного покрытия ОСПТ «Reline» позволяет повысить марку бетона по морозостойкости с F₂150 до не менее F₂200.

4. Величина адгезии системы покрытия к бетону в исходном состоянии составляет не менее 0,5 МПа. Характер отрыва когезионный, происходит отрыв оболочки от грунтовочного слоя системы покрытия. После воздействия знакопеременных температур величина адгезии не изменяется и составляет 0,5 МПа. Характер отрыва адгезионный, отрыв происходит, в основном, от поверхности бетона.

5. Система покрытия ОСПТ «Reline» обладает высокими деформативными свойствами (эластичность при изгибе – не более 1мм, прочность при ударе не менее 100 кг·см). После воздействии знакопеременных температур деформативные свойства системы покрытия не изменяются и сохраняются на исходном уровне.

6. На основании полученных результатов установлено, что исследуемая термоусаживаемая оболочка ОСПТ «Reline» является надежным гидроизоляционным покрытием. Скорость коррозии бетона, защищенного покрытием, в хлоридных и сульфатных средах равна нулю.

7. В соответствии с СП 2813330.2017 исследуемое покрытие ОСПТ «Reline» может применяться для защиты бетона в слабо, средне и сильноагрессивных жидких и твердых средах, группа покрытий в зависимости от степени агрессивности среды - $IV_{a,x,гр}$.

8. На основании полученных результатов испытаний на проницаемость полимерного покрытия ОСПТ «Reline» сделан вывод об отсутствии разрушающих факторов для бетона, защищенного указанным покрытием. Срок службы покрытия, в том числе в сложных грунтовых условиях составляет от 50 лет и более.

Результаты проведенных испытаний бетонных и стальных образцов с системой защитного покрытия на основе противопучинной термоусаживаемой оболочки ОСПТ «Reline» по основным показателям качества коррозионной стойкости системы и сроку службы указывают на эффективность ее применения для вторичной защиты свайных фундаментов.

Приложение 1

Метрологическое обеспечение

Сведения о средствах измерений и испытательном оборудовании, используемых в лабораторных исследованиях по оценке эффективности применения защитных покрытий.

№ п/п	Наименование видов испытаний или определяемых характеристик	Наименование испытательного оборудования или средства измерения, тип (марка),	Изготовитель (страна, наименование организации)	Заводской номер, год выпуска	Свидетельство о поверке (номер, дата, срок действия)
1	2	3	4	5	6
1	Изготовление бетонных образцов	Весы электронные неавтоматического действия CAS ED-H-15	Южная Корея, CAS	№1104ED53083 2016	Свидетельство о поверке № СП 3070933 до 30.08.2021
		Комплект сит для песка и щебня КП-109/1	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	б/н, 2009	Сертификат о калибровке №1183 от 14.01.2020 до 13.01.2022
		Виброплощадка лабораторная	СССР, завод «ЗИМ»	№ 4868, 1986	Первичная поверка заводом-изготовителем
		Формы металлические, d = 150 мм, h = 150мм Формы металлические, d = 150 мм, h = 50 мм	Россия Завод «ЗОКИО»	б/н, 2010	Первичная поверка заводом-изготовителем
		Формы металлические двухгнездные 2ФК-100 100x100x100 мм	Россия, ООО «Артарус»	Зав. № 7012-7038, 2019	Аттестат № 18214, действительно до 11.02.2022
		Камера нормального твердения КНТ	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	Зав. № 275, 2017	Аттестат № 2653, действительно до 28.08.2022
2	Диффузионная проницаемость бетона для CO ₂	Установка для испытания бетона в среде углекислого газа УИУГ-10	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	б/н, 2017	Первичная поверка заводом - изготовителя
		Газоанализатор диоксида углерода ПКУ-4/Х-Щ	Россия, ОАО «Практик-НЦ»	Зав.№ 8111, 2016	Свидетельство о поверке RU.C.31.001.A о до 30.10.2021
		Линейка металлическая измерительная тип ЛИ-500	Россия, ООО «Измерон»	б/н, 2012	Свидетельство о поверке № АБ 0199074 до 01.08.2024
		Пипетки, бюретки лабораторные	Россия, ООО «Русхим.ру»	2015-2020	Поверке не подлежит

1	2	3	4	5	6
3	Проницаемость бетона для хлорид-ионов	Ванны для замачивания бетонных образцов в растворе NaCl	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	2010	Поверке не подлежит
		Пипетки, бюретки, колбы лабораторные	Россия, ООО «Русхим.ру»	2015-2020	Поверке не подлежит
		Ступка для приготовления навески лабораторная	Россия, ООО «Русхим.ру»	2015	Поверке не подлежит
		Весы электронные неавтоматического действия CAS ED-H-15	Южная Корея, CAS	№1104ED53083 2016	Свидетельство о поверке № СП 3070933 от 31.08.2020 до 30.08.2021
		Индикатор колористический	Россия, ООО «Русхим.ру»	2020	Поверке не подлежит
4	Морозостойкость бетона	Камера климатическая Discovery DY-1600C	Италия, AngelantoniIndustrie	Зав № 64271, 2011	Аттестат № АТ 0056488 от 19.08.2020 до 18.08.2021
		Ванны для замачивания бетонных образцов в растворе NaCl	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	2010	Поверке не подлежит
		Емкости металлические для испытания образцов бетона на морозостойкость, 120x120x140 мм	Россия, ООО ИТЦ «Контрос»	б/н, 2016	Первичная поверка заводом - изготовителем
		Машина для испытаний на сжатие – пресс ИП-6013-2000-1	СССР, завод «ЗИМ»	Зав. № 40, 1989	Свидетельство о поверке № СП 2832844 от 18.12.2020 до 17.12.2020
		Штангенциркуль цифровой, серии 500, мод. AbsoluteDigimatic	Нидерланды, «Filetta»	№ B17352926, 2019	Свидетельство о поверке № С-АЦМ/25-01-2021/31866613 от 25.01.2021 до 24.01.2022
		Весы электронные неавтоматического действия CAS ED-H-15	Южная Корея, CAS	№1104ED53083 2016	Свидетельство о поверке № СП 3070933 от 31.08.2020 до 30.08.2021

1	2	3	4	5	6
5	Прочность покрытия при ударе, эластичность при изгибе	Прибор для испытания на прочность покрытий при ударе типа У2	Россия, ООО «К-М»	Зав. № 170, 2009	Сертификат о калибровке № 458-2/30 от 12.05.2020 до 11.05.2021
		Прибор для испытания на эластичность покрытий при изгибе типа ШГ1	Россия, ООО «К-М»	Зав. № 384, 2009	Сертификат о калибровке № 456-2/30 от 12.05.2020 до 11.05.2021
		Микроскоп отсчетный МПБ-2	СССР, завод «Калибр»	Зав. № 25461, 1989	Сертификат о калибровке № СК 0282263 от 19.11.2020 до 19.11.2021
		Лупа с 10-кратным увеличением	Россия	2016	Поверке не подлежит
		Микрометр МИТУТОУО 0-25 мм	Япония «МИТУТОУО»	Зав. № 66749732, 2019	Свидетельство о поверке № С-АЦМ/25-01-2021/31866620 от 25.01.21 до 24.01.2022
6	Адгезионная прочность сцепления покрытия	Измеритель адгезии модификация ПСО-10МГ4АД	Россия, ООО СКБ «Стройприбор», Челябинск	Зав. № 588, 2007	Свидетельство о поверке СП № 3070933 от 31.08.2020 до 30.08.2021
		Штампы-грибки металлические d = 50 мм	Россия, ООО СКБ «Стройприбор», Челябинск	б/н, 2007	Первичная поверка заводом-изготовителем
		Нож «Matrix» со сменными лезвиями	Германия, «Matrix»	2019	Поверке не подлежит