



Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства

Український державний науково-дослідний інститут  
проблем водопостачання, водовідведення та охорони  
навколишнього природного середовища  
«УкрВОДГЕО»

## УДНДІ «УкрВОДГЕО»

р/р 26006301865884 в філії Держинського відд. ПІБ м. Харкова, МФВ 351395, Код ЄДРПОУ 21188019

Вих. № 175/01/05-09 від "29" августа 2005 р.

Генеральному директору  
ООО «БИТУМ»  
г. Козлову Ф.В.

03062, г. Киев,  
пр-кт Победы, 67, оф. 36

Уважаемый Филипп Владимирович!

Направляем Вам «Заключение об эффективности покрытия FLEXIGUM на битумно-латексной основе в защите бетона от биогенной сернокислотной агрессии», составленное на основании работ, выполненных УГНИИ «УкрВОДГЕО» по договору № 10/2005 от 28.03.2005 г. с ООО «БИТУМ».

Приложение: упомянутое по тексту – 1 экз.

Директор УГНИИ «УкрВОДГЕО»

С.В. Разметаев

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### об эффективности покрытия FLEXIGUM на битумно-латексной основе в защите бетона от биогенной сернокислотной агрессии

Работа выполнена по договору № 10/2005 от 28.03.2005 г. с ООО «БИТУМ».

Испытанию подвергали 1 вид покрытия (один контрольный образец, три опытных образца). Нанесение покрытий осуществлял Заказчик.

#### 1. Принцип испытания.

Биогенная сернокислотная агрессия обусловлена воздействием на конструктивы серной кислоты, образуемой тиобациллами [1-3]. Наибольшая активность этого вида коррозии наблюдается в сетях водоотведения [1]. По данным исследований, выполненных в лаборатории микробиологических проблем водохозяйственных сооружений УГНИИ «УкрВОДГЕО», и данным научно-технической литературы [1-5], на бетон сводовой части канализационных коллекторов кроме серной кислоты, воздействуют также азотная кислота, летучие органические кислоты, липидоподобные соединения. Однако, главным фактором агрессии является серная кислота. Количественное определение эффективности покрытий различного состава в защите бетона от биогенной сернокислотной агрессии основывается на установлении диффузии серной кислоты через покрытие и количественной оценки активности этой диффузии [5]. Если покрытие допускает диффузию серной кислоты, то продукты взаимодействия серной кислоты с компонентами бетона (главным образом цементными гидратами) неизбежно разрушат покрытие.

Выявление диффузии серной кислоты проводили, сравнивая значения активной реакции среды бетона (рН) под покрытием в контрольном образце (находившемся в лаборатории) и в 3-х параллельных опытных образцах, находившихся в канализационном коллекторе. Опытные образцы (3 шт.) подвешивали в сетках на сводовой части коллектора, находящегося в эксплуатации, на участке, химический состав атмосферы которого регулярно контролируется лабораторией на сетях ГКП «Харьковкоммуночиствод». Основные характеристики газо-воздушной среды, в которой находились образцы: концентрация сероводорода -  $40 \pm 20$ , концентрация диоксида серы -  $30 \pm 10$  мг/м<sup>3</sup>; концентрация метана - 0,1-0,5, углекислого газа - 0,1-0,5 об.%. Продолжительность экспозиции составляла 127 дней (04.04-09.08.05). Агрессивность конденсатной влаги, воздействовавшей на образцы, оценивали после окончания экспозиции и анализа образцов незащищенного бетона.

Активную реакцию среды бетона измеряли с помощью твердофазного электрода. При оценке рН бетона под покрытиями, рН каждого образца принимали по наименьшему среднему значению этого показателя на одной из четырех граней. Доверительный интервал при измерении рН бетона таким методом  $\pm 0,5$ . Прогнозные оценки - время до разрушения покрытия и кон-

центрацию сероводорода в атмосфере, при которой долговечность покрытия составит до 20 лет, вычисляли на основании характеристик и зависимостей, установленных в собственных специальных исследованиях. С учетом неоднородности условий, в которых могут оказаться образцы, подвешенные в сетках в коллекторе, прогнозные оценки и вывод о надежности покрытия в целом делаются по характеристикам того из трех испытуемых вариантов, который по результатам испытаний допустил наибольшее снижение рН бетона под покрытием.

## 2. Результаты испытаний.

### 2.1. Оценка агрессивности среды, воздействующей на испытуемые образцы в течение экспозиции.

Как свидетельствуют данные обследования образцов незащищенного бетона (Приложение А табл. А 1, А 2), на бетон воздействовала серная кислота, которая радикально снизила рН бетона. Как свидетельствуют данные исследований лаборатории микробиологических проблем водохозяйственных сооружений УГНИИ «УкрВОДГЕО», при экспозиции более 3-х мес. рН поверхностного слоя бетона соответствует рН эксплуатационной среды, воздействующей на этот конструктив. Среда с рН 3,53, согласно СНиП 2.03.11-85, по отношению к бетону являются сильно агрессивными.

### 2.2. Оценка активности реакции среды на поверхности самого покрытия

После извлечения из экспозиционных сеток образцы бетона, защищенные покрытиями FLEXIGUM на битумно-латексной основе, отмыли и их влажные поверхности исследовали с помощью твердофазного электрода. Как свидетельствуют данные, приведенные в Приложении Б (табл. Б 1-Б 4), серная кислота, действовавшая на покрытие, снизила рН самого покрытия. Покрытие в контрольном образце имеет слабокислую активную реакцию среды. Снижение рН в опытных образцах свидетельствует о том, что биогенная серная кислота вступила во взаимодействие с покрытием. В контрольном и опытном варианте покрытие очень мягкое, о чем свидетельствуют (рис.1) глубокие следы от решетки, на которой находились образцы во время экспозиции. Покрытие FLEXIGUM на битумно-латексной основе и в опытном и контрольном вариантах очень липкое.

### 2.3. Оценка диффузии серной кислоты через покрытие.

Образцы, которые находились на экспозиции в коллекторе, отмыли и сфотографировали вместе с контрольными образцами (рис. 1). Как видно из рис. 1, визуальные разрушения покрытия ни для одного из трех испытанных образцов не отмечены (табл. 1). Покрытие FLEXIGUM на битумно-латексной основе имело хорошую-удовлетворительную адгезию к бетону как в опытных, так и в контрольном образцах. При вскрытии покрытие снималось сплошным слоем.

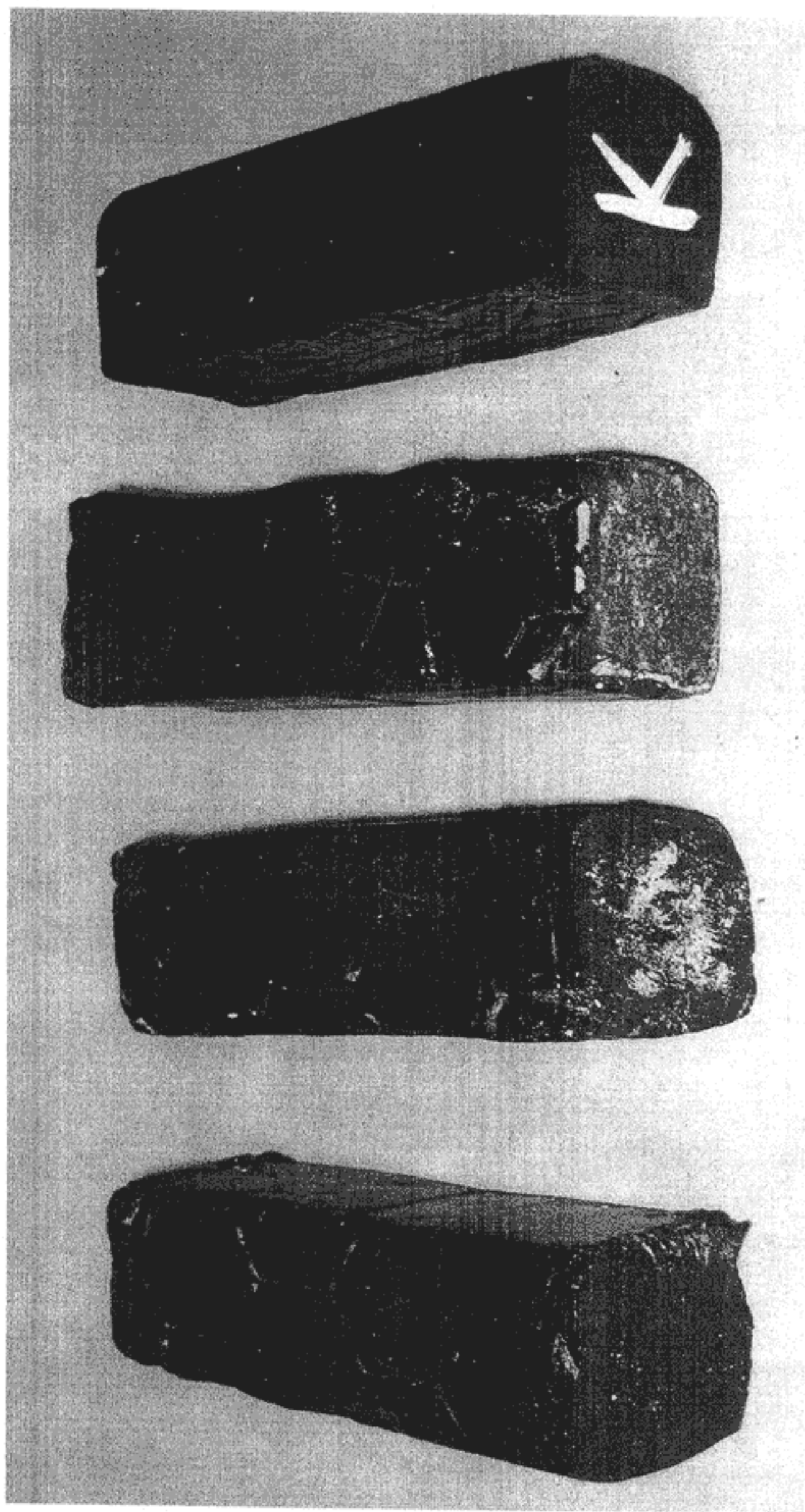


Рис.1 Образцы бетона, защищенные покрытием FLEXIGUM на битумно-латексной основе (слева направо: три опытных образца и контроль)

Таблица 1

Оценка надежности покрытия FLEXIGUM на битумно-латексной основе в защите бетона от биогенной серноокислотной агрессии в сетях канализации при концентрации сероводорода в атмосфере газо-воздушной среды  $40 \pm 20 \text{ мг/дм}^3$

Наименование покрытия	Шифр образца	Толщина покрытия, мм	рН бетона под покрытием в контрольном образце	рН бетона под покрытием в опытном образце	Наличие внешних разрывов	Наличие вспучивания покрытия	Визуальная оценка адгезии	Проницаемость для серной кислоты	Оценка защиты бетона от биогенной серноокислотной агрессии
FLEXIGUM на битумно-латексной основе	1,1	3,0-4,5	8,05	6,36	-	-	Удовлетвор.	+	Не обеспечивает
	1,2	4,1-5,3	8,05	7,33	-	-	Хорошая-удовл.	+	Не обеспечивает
	1,3	2,8-4,0	8,05	8,73	-	-	хорошая	-	Обеспечивает

Таблица 2

Прогнозная оценка долговечности покрытия FLEXIGUM на битумно-латексной основе в атмосфере сетей водоотведения, содержащей различные концентрации сероводорода

Наименование покрытия	Шифр образца	рНисх.-рН конечн.	Время экспозиции, сут	Время для достижения аналогичного снижения рН на поверхности незащищенного бетона, сут	Ориентировочный срок до разрыва покрытия, сут	Средняя концентрация сероводорода в атмосфере, при которой покрытие надежно в течение более 10 лет (расчет для термина 20 лет), $\text{мг/м}^3$		Среднее значение допустимой концентрации сероводорода по всем образцам, $\text{мг/м}^3$
						11,1	14,0	
FLEXIGUM на битумно-латексной основе	1,1	8,05-6,36	127	5	1143	40,0	21	21
	1,2	8,05-7,33	127	3	1905	40,0		
	1,3	8,05-8,73	127	0	Более 3650	40,0		

Определение рН бетона под покрытием в опытных образцах и сравнение его значений с рН бетона под покрытием в контрольном образце (табл. 1, 2, Приложение В – табл. В 1-В 4), свидетельствуют, о том, что из трех параллельных образцов в условиях агрессивности газо-воздушной среды и пленочной конденсатной влаги, образующихся на участке сетей, где проводилась экспозиция, два образца (1.1 и 1.2) не обеспечили надежную защиту бетона от биогенной сернокислотной агрессии, а один образец (1.3) - обеспечил. Измерения рН бетона опытных и контрольных образцов после снятия слоя бетона 1 мм (Приложение Г – табл. Г 1-Г 4) проводятся для того, чтобы исключить ошибку в оценке качества покрытия по значению рН бетона под покрытием, возникающую в результате того, что при нанесении покрытия его компоненты взаимодействуют с цементными гидратами, пропитывают бетон, диффундируя в его толщу и снижая его рН. Частично этот эффект устанавливается при измерении рН бетона под покрытием в контрольном варианте. Как свидетельствуют данные измерения рН бетона под покрытиями после снятия слоя 1 мм, в контрольных и опытных образцах отмечается существенное повышение рН. В образцах 1.2 и 1.3 значения рН бетона (с учетом доверительного интервала этого вида измерений) равны контрольному. Следовательно, диффузия серной кислоты через исследованное покрытие в образце 1.2 не превысила 1 мм. В образце 1.1 значения рН бетона после снятия слоя 1 мм значимо ниже, чем рН бетона в контрольном образце, что свидетельствует о диффузии серной кислоты на глубину более чем 1 мм.

#### 2.4. Прогнозная оценка надежности исследованных покрытий.

Результаты прогнозных оценок долговечности исследованного покрытия FLEXIGUM на битумно-латексной основе (табл. 2) приведены в табл. 2. Прогнозный термин до разрушения покрытия, рассчитанный по варианту, который показал наихудшую устойчивость к биогенной сернокислотной агрессии (образец 1.1) составляет 1143 сут., по варианту, который показал среднюю устойчивость (образец 1.2), - 1905 сут. При прогнозе не учитывали эластичность покрытия, которая, вероятно, удлинит прогнозный термин. Расчетная концентрация сероводорода в атмосфере сетей водоотведения, при которой исследуемое покрытие обеспечит надежную защиту бетона в течение более чем 10 лет (расчет до 20 лет), для наихудшего варианта (образец 1.1) составляет  $11 \pm 5,6$  мг/м<sup>3</sup>, для варианта, который показал среднюю устойчивость к биогенной сернокислотной агрессии (образец 1.2) -  $14 \pm 7,0$  мг/м<sup>3</sup>.

Усредненное по всем опытным образцам значение концентрации сероводорода, при которой исследуемое покрытие FLEXIGUM на битумно-латексной основе по прогнозной оценке защитит бетон в течение более 10 лет – 21 мг/дм<sup>3</sup>. Но, как отмечалось выше, расчеты и заключение делается по показателям опытного образца, который показал самую низкую эффективность в защите бетона. Поэтому в целом по результатам испытаний покрытия

можно заключить, что испытанное покрытие FLEXIGUM на битумно-латексной основе при толщине не менее 3,0 мм по прогнозному расчету должно обеспечить надежную защиту бетона на объектах сетей водоотведения в течение более 10 лет (не более 20 лет) на участках, где средняя концентрация сероводорода составляет  $11 \pm 5,6$  мг/м<sup>3</sup>.

Зав. лабораторией микробиологических  
проблем водохозяйственных сооружений  
УГНИИ «УкрВОДГЕО», к.б.н.



Юрченко В.А.

## Результаты измерения pH образцов незащищенного бетона

Таблица А 1

Контрольный Исполнителя

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH
1	-570	11,20		
	-620	12,57		
	-600	12,00		
	-570	11,20		
	-510	9,76		
	-505	9,65	<b>11,06</b>	
2	-540	10,46		
	-535	10,34		
	-550	10,70		
	-580	11,46		
	-550	10,70		
	-470	8,90	<b>10,43</b>	
3	-525	10,10		
	-555	10,82		
	-560	10,95		
	-534	10,31		
	-560	10,95		
	-510	9,76	<b>10,48</b>	
4	-500	9,54		
	-480	9,11		
	-465	8,80		
	-505	9,65		
	-485	9,21		
	-475	9,00	<b>9,22</b>	<b>9,22</b>

Таблица А 2

Контрольный Исполнителя 1.2 (после экспозиции)

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH
1	-205	4,84		
	-180	4,57		
	-170	4,46		
	-175	4,52		
	-180	4,57		
	-186	4,63		
	-165	4,41		
	-165	4,41		
	-173	4,50		
	-175	4,52	<b>4,54</b>	
2	-88	3,70		
	-175	4,52		
	-127	4,04		
	-140	4,17		
	-123	4,01		
	-126	4,03		
	-90	3,71		
	-5	3,05		
	-30	3,24		
	-15	3,13	<b>3,76</b>	
3	-77	3,60		
	-75	3,59		
	-105	3,84		
	-67	3,52		
	-88	3,70		
	-85	3,67		
	-45	3,35		
	-120	3,98		
	-105	3,84		
	-5	3,05	<b>3,62</b>	
4	-100	3,80		
	-120	3,98		
	-113	3,92		
	-95	3,76		
	-45	3,35		
	0	3,02		
	-15	3,13		
	-43	3,33		
	-75	3,59		
	-60	3,47	<b>3,53</b>	<b>3,53</b>



Результаты измерения pH на поверхности покрытия образцов после экспозиции

Таблица Б 1

Таблица Б 2

## 1.4 Контроль Битум

Сторона	Показания иономера	pH поверхности	Ср. pH	Min значение pH
1	-230	5,13		
	-232	5,15		
	-230	5,13		
	-235	5,18	5,15	
2	-215	4,95		
	-225	5,07		
	-213	4,93		
	-220	5,01	4,99	
3	-220	5,01		
	-215	4,95		
	-215	4,95		
	-205	4,84	4,94	
4	-235	5,18		
	-230	5,13		
	-237	5,21		
	-240	5,24	5,19	4,94

## 1.1 Опыт Битум

Сторона	Показания иономера	pH поверхности	Ср. pH	Min значение pH
1	-150	4,26		
	-175	4,52		
	-165	4,41		
	-167	4,43	4,41	
2	-180	4,57		
	-165	4,41		
	-160	4,36		
	-185	4,62	4,49	
3	-130	4,07		
	-155	4,31		
	-150	4,26		
	-150	4,26	4,23	
4	-115	3,93		
	-140	4,17		
	-135	4,12		
	-170	4,46	4,17	4,17

## Результаты измерения pH бетона под покрытиями

Таблица В 1

Таблица В 2

## 1.4 Контроль

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH
1	-445	8,40		
	-435	8,21		
	-423	7,99		
	-410	7,75		
	-445	8,40		
	-440	8,31		
	-455	8,60		
	-475	9,00		
	-477	9,05		
	-460	8,70	<b>8,44</b>	
2	-423	7,99		
	-425	8,03		
	-438	8,27		
	-424	8,01		
	-425	8,03		
	-425	8,03		
	-430	8,12		
	-445	8,40		
	-415	7,84		
	-410	7,75	<b>8,05</b>	
	3	-437	8,25	
-450		8,50		
-478		9,07		
-470		8,90		
-450		8,50		
-448		8,46		
-440		8,31		
-420		7,93		
-440		8,31		
-445		8,40	<b>8,46</b>	
4		-470	8,90	
	-445	8,40		
	-440	8,31		
	-423	7,99		
	-427	8,06		
	-445	8,40		
	-413	7,81		
	-410	7,75		
	-396	7,51		
	-385	7,32	<b>8,05</b>	<b>8,05</b>

## 1.1 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH
1	-450	8,50		
	-440	8,31		
	-425	8,03		
	-445	8,40		
	-457	8,64		
	-433	8,17		
	-345	6,68		
	-365	6,99		
	-350	6,75		
	-372	7,10	<b>7,76</b>	
	2	-350	6,75	
-370		7,07		
-370		7,07		
-376		7,17		
-337		6,56		
-340		6,60		
-325		6,38		
-378		7,20		
-325		6,38		
-376		7,17	<b>6,84</b>	
3		-375	7,15	
	-340	6,60		
	-315	6,23		
	-342	6,63		
	-307	6,12		
	-303	6,06		
	-315	6,23		
	-332	6,48		
	-295	5,95		
	-305	6,09	<b>6,36</b>	
	4	-335	6,53	
-374		7,14		
-326		6,39		
-345		6,68		
-320		6,30		
-325		6,38		
-320		6,30		
-330		6,45		
-307		6,12		
-300		6,02	<b>6,43</b>	<b>6,3</b>

Таблица В 3

Таблица В 4

## 1.2 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Мин значение pH
1	-380	7,24		
	-392	7,44		
	-320	6,30		
	-410	7,75		
	-297	5,98		
	-285	5,82		
	-425	8,03		
	-425	8,03		
	-440	8,31		
	-443	8,37	<b>7,33</b>	
2	-390	7,41		
	-420	7,93		
	-445	8,40		
	-470	8,90		
	-466	8,82		
	-474	8,98		
	-440	8,31		
	-435	8,21		
	-401	7,59		
	-445	8,40	<b>8,30</b>	
3	-400	7,58		
	-418	7,90		
	-400	7,58		
	-345	6,68		
	-357	6,86		
	-337	6,56		
	-430	8,12		
	-457	8,64		
	-400	7,58		
	-447	8,44	<b>7,59</b>	
4	-445	8,40		
	-477	9,05		
	-435	8,21		
	-450	8,50		
	-434	8,19		
	-480	9,11		
	-442	8,35		
	-410	7,75		
	-450	8,50		
	-461	8,72	<b>8,48</b>	<b>7,33</b>

## 1.3 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Мин значение pH
1	-440	8,31		
	-490	9,32		
	-486	9,23		
	-405	7,66		
	-440	8,31		
	-437	8,25		
	-476	9,02		
	-470	8,90		
	-466	8,82		
	-495	9,43	<b>8,73</b>	
2	-480	9,11		
	-527	10,15		
	-512	9,80		
	-535	10,34		
	-530	10,22		
	-525	10,10		
	-515	9,87		
	-492	9,36		
	-481	9,13		
	-480	9,11	<b>9,72</b>	
3	-478	9,07		
	-495	9,43		
	-470	8,90		
	-463	8,76		
	-480	9,11		
	-470	8,90		
	-460	8,70		
	-475	9,00		
	-461	8,72		
	-450	8,50	<b>8,91</b>	
4	-475	9,00		
	-504	9,62		
	-475	9,00		
	-520	9,99		
	-507	9,69		
	-515	9,87		
	-515	9,87		
	-465	8,80		
	-460	8,70		
	-470	8,90	<b>9,35</b>	<b>8,73</b>

## Приложение Г

Результаты измерения pH бетона под покрытиями после снятия слоя 1 мм

Таблица Г 1

Таблица Г 2

## 1.4 Контроль

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH
1	-510	9,76		
	-525	10,10		
	-465	8,80		
	-465	8,80		
	-500	9,54		
	-490	9,32		
	-491	9,34		
	-483	9,17		
	-495	9,43		
	-490	9,32	<b>9,36</b>	
2	-523	10,05		
	-510	9,76		
	-515	9,87		
	-465	8,80		
	-475	9,00		
	-455	8,60		
	-505	9,65		
	-480	9,11		
	-460	8,70		
	-470	8,90	<b>9,24</b>	
3	-490	9,32		
	-470	8,90		
	-470	8,90		
	-486	9,23		
	-500	9,54		
	-500	9,54		
	-505	9,65		
	-480	9,11		
	-480	9,11		
	-492	9,36	<b>9,27</b>	
4	-490	9,32		
	-500	9,54		
	-485	9,21		
	-490	9,32		
	-479	9,09		
	-484	9,19		
	-470	8,90		
	-475	9,00		
	-500	9,54		
	-490	9,32	<b>9,24</b>	<b>9,24</b>

## 1.1 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Min значение pH	
1	-335	6,53			
	-375	7,15			
	-390	7,41			
	-377	7,19			
	-395	7,49			
	-400	7,58			
	-420	7,93			
	-410	7,75			
	-422	7,97			
	-420	7,93	<b>7,49</b>		
	2	-450	8,50		
		-430	8,12		
-430		8,12			
-460		8,70			
-453		8,56			
-425		8,03			
-430		8,12			
-430		8,12			
-440		8,31			
-428		8,08	<b>8,26</b>		
3	-450	8,50			
	-440	8,31			
	-453	8,56			
	-464	8,78			
	-463	8,76			
	-450	8,50			
	-455	8,60			
	-420	7,93			
	-410	7,75			
	-400	7,58	<b>8,33</b>		
4	-432	8,16			
	-437	8,25			
	-450	8,50			
	-430	8,12			
	-420	7,93			
	-405	7,66			
	-410	7,75			
	-420	7,93			
	-432	8,16			
	-430	8,12	<b>8,06</b>	<b>7,49</b>	

Таблица Г 3

## 1.2 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Мин значение pH
1	-500	9,54		
	-550	10,70		
	-505	9,65		
	-528	10,17		
	-500	9,54		
	-520	9,99		
	-509	9,74		
	-520	9,99		
	-510	9,76		
	-540	10,46	<b>9,95</b>	
2	-477	9,05		
	-493	9,38		
	-496	9,45		
	-423	7,99		
	-515	9,87		
	-510	9,76		
	-503	9,60		
	-525	10,10		
	-495	9,43		
	-510	9,76	<b>9,44</b>	
3	-536	10,36		
	-500	9,54		
	-505	9,65		
	-530	10,22		
	-514	9,85		
	-534	10,31		
	-520	9,99		
	-528	10,17		
	-500	9,54		
	-517	9,92	<b>9,95</b>	
4	-545	10,58		
	-545	10,58		
	-530	10,22		
	-540	10,46		
	-543	10,53		
	-535	10,34		
	-538	10,41		
	-544	10,55		
	-528	10,17		
	-517	9,92	<b>10,37</b>	<b>9,44</b>

Таблица Г 4

## 1.3 Опыт

Сторона	Показания иономера	pH поверхности бетона	Ср. pH	Мин значение pH
1	-557	10,87		
	-560	10,95		
	-545	10,58		
	-525	10,10		
	-513	9,83		
	-528	10,17		
	-534	10,31		
	-525	10,10		
	-520	9,99		
	-504	9,62	<b>10,25</b>	
2	-510	9,76		
	-520	9,99		
	-545	10,58		
	-535	10,34		
	-530	10,22		
	-511	9,78		
	-505	9,65		
	-514	9,85		
	-535	10,34		
	-510	9,76	<b>10,02</b>	
3	-500	9,54		
	-505	9,65		
	-528	10,17		
	-499	9,51		
	-495	9,43		
	-500	9,54		
	-493	9,38		
	-410	7,75		
	-417	7,88		
	-507	9,69	<b>9,25</b>	
4	-525	10,10		
	-500	9,54		
	-495	9,43		
	-503	9,60		
	-495	9,43		
	-504	9,62		
	-508	9,71		
	-503	9,60		
	-505	9,65		
	-490	9,32	<b>9,60</b>	<b>9,25</b>