

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОНТОНОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ УКРАИНЫ

С. Е. Шехоркина, асп., И. Н. Матюшенко, к. т. н., доц., Н. В. Савицкий, д. т. н., проф.

Ключевые слова: железобетонные понтоны, долговечность, водные объекты

Введение. Железобетонные понтоны, благодаря высоким эксплуатационным характеристикам, широко применяются при строительстве плавучих сооружений различного назначения, а также при возведении практически всех типов стояночных судов (плавучие доки, причалы, склады, рестораны, водноспортивные станции, дебаркадеры и др.) [1]. Основная масса данных сооружений размещена на крупных реках, воды которых вследствие высокой загрязненности являются агрессивными по отношению к конструкции понтонов [5]. В связи с этим возникает необходимость в исследовании их долговечности.

Анализ публикаций. Изучению долговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию жидких агрессивных сред, посвящены многие исследования [2 – 4]. При этом анализ существующих конструктивно-технологических решений показал, что параметры железобетонных конструкций, как правило, разрабатываются без учета кинетики коррозии бетона. В связи с этим вопросы выбора параметров первичной защиты и обоснования необходимости применения вторичной защиты конструкции остаются актуальными.

Цель статьи. Исследовать долговечность железобетонных понтонов, эксплуатируемых на водных объектах Украины.

Изложение материала. В основу действующих нормативно-технических документов по расчету и проектированию бетонных и железобетонных конструкций положен критерий недопущения коррозии арматуры или нарушения сцепления арматуры с бетоном, который рассматривается как отказ конструкции [6].

Согласно международным стандартам, все крупные реки Украины, а также их основные притоки характеризуются высоким уровнем промышленного использования считаются загрязненными. В таблице 1 приведены обобщенные данные гидрохимических показателей водоемов Украины по результатам экологических исследований [5].

Таблица 1
Гидрохимические показатели водоемов Украины по регионам

Регион	Гидрохимические показатели по главным ионам, мг/л			
	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_2
Север	27 – 146	29 – 160	190 – 435	12 – 28
Центр	23 – 569	53 – 1 457	175 – 417	6 – 19
Запад	25 – 1 017	38 – 2 279	64 – 669	данные отсутствуют
Восток	56 – 1 770	96 – 3 000	119 – 476	данные отсутствуют
Юг	37 – 165	49 – 381	175 – 381	5 – 24

Примечание. Север – Житомирская, Киевская, Сумская, Черниговская, Ровненская обл.; Центр – Винницкая, Днепропетровская, Кировоградская, Полтавская, Черкасская обл.; Запад – Львовская, Ивано-Франковская, Тернопольская, Волинская, Ровненская, Хмельницкая, Черновицкая, Закарпатская обл.; Восток – Луганская, Харьковская и Донецкая обл.; Юг – Одесская, Николаевская, Херсонская, Запорожская обл.

Для расчета долговечности железобетонного понтона в условиях воздействия агрессивной жидкой среды была использована методика прогнозирования долговечности, изложенная в работе [4].

В качестве основных критериев отказа конструкции были приняты:

- 1) достижение концентрации хлоридов, равной 3 мг/л или сульфатов – 800 мг/л на поверхности арматуры;
- 2) разупрочнение бетона вследствие сульфатной коррозии;
- 3) уменьшение щелочности окружающего арматуру электролита до pH, равного или меньше 11,5 при карбонизации или коррозии бетона.

Для обеспечения требуемого срока службы конструкции необходимо выполнение условий по всем критериям.

Выполнение ремонта подводной части плавучих сооружений является дорогостоящим мероприятием из-за необходимости докования, а в случае возведения на них жилых или общественных зданий практически невозможно. Поэтому безотказная работа конструкции при регламентированном сроке службы может быть обеспечена толщиной защитного слоя бетона и подбором технологических параметров бетона.

Для оценки долговечности железобетонных понтонов были выполнены расчеты сроков службы в зависимости от региона размещения. В качестве варьируемых параметров были приняты: вид цемента и его химико-минералогический состав (табл. 2); класс и состав бетона конструкции (табл. 3). Величина защитного слоя варьировалась от 10 мм (нижний предел по [7]) до 35 мм с шагом 5 мм. Результаты расчетов приведены в таблицах 4 – 8.

Таблица 2

Химико-минералогический состав цемента

№ п/п	Тип цемента	Характеристика, %			
		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
1	ПЦ Ш/А-Ш-400	60,14	16,76	6,99	12,23
2	ПЦ I-500	67,30	13,50	6,00	10,40
3	СС ПЦ-400-Д0	48,25	32,60	4,54	11,50
4	СС ПЦ-400-Д20	63,92	17,78	4,41	11,33

Таблица 3

Характеристики бетонных смесей

Вид цемента	Класс бетона	Расход цемента, кг/м ³	Состав бетона			В/Ц
			C	S	G	
ПЦ Ш/А-Ш-400	V30	335	1	1,75	3,48	0,60
	V35	365	1	1,59	3,14	0,55
	V40	400	1	1,46	2,78	0,50
ПЦ I-500	V35	330	1	1,88	3,45	0,60
	V40	360	1	1,65	3,17	0,55
	V45	370	1	1,66	3,09	0,50
СС ПЦ-400-Д0	V30	335	1	1,75	3,48	0,60
	V35	365	1	1,59	3,14	0,55
	V40	400	1	1,46	2,78	0,50
СС ПЦ-400-Д20	V30	335	1	1,75	3,48	0,60
	V35	365	1	1,59	3,14	0,55
	V40	400	1	1,46	2,78	0,50

Таблица 4

Результаты расчета долговечности (срок службы) конструкции,
эксплуатируемой в Северной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35				В40				B45
		ПЦ П/А-Ш-400	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ П/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ П/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ I-500
1	1,0	67	58	65	110	20	30	45	120	40	63	83	65
	1,5	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>15 0	>150
2	1,0	20	20	20	22	14	20	20	22	15	22	22	16
	1,5	62	62	62	63	58	63	63	63	60	65	65	64
	2,0	81	81	82	82	85	82	83	83	88	85	85	98
	2,5	130	130	132	130	110	134	134	135	115	150	150	118
3	1,0	150	150	150	140	140	150	150	143	140	150	150	140

Таблица 5

Результаты расчета долговечности (срок службы) конструкции,
эксплуатируемой в Центральной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35				В40				B45
		ПЦ П/А-Ш-400	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ П/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ П/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ I-500
1	1,0	<10	-	-	<10	-	-	-	<10	-	<10	-	<10
	1,5	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	18	<10	10	<10	12
	2,0	32	15	20	34	18	21	25	52	30	30	35	37
	2,5	67	38	45	73	44	50	55	115	73	65	75	91
	3,0	127	73	82	150	80	92	104	>150	138	125	>150	>150
	3,5	>150	127	>150	>150	137	>150	>150	-	>150	-	-	-
2	1,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	1,5	32	32	33	34	27	35	33	40	33	35	40	38
	2,0	52	46	50	48	45	50	51	57	57	55	55	65
	2,5	83	79	82	78	66	82	85	90	78	88	90	84
	3,0	132	122	127	118	115	130	135	>150	>150	>150	>150	>150
	3,5	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	-	-	-	-	-
3	1,0	30	40	41	35	39	40	41	35	40	40	42	39
	1,5	38	50	53	40	48	50	55	40	50	50	55	48
	2,0	52	60	64	50	60	60	64	50	60	60	64	60
	2,5	60	70	75	60	70	70	75	60	71	70	75	70
	3,0	72	83	95	73	80	83	95	72	80	83	95	80
	3,5	85	95	102	85	95	95	102	85	95	95	102	95

Таблица 6

Результаты расчета долговечности (срок службы) конструкции,
эксплуатируемой в Западной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35			В40			В45		
		ПЦ II/A-III-400	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ II/A-III-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ II/A-III-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ I-500
1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	2,0	15	12	14	22	10	13	15	28	15	15	20	20
	2,5	36	21	24	46	30	26	31	60	40	35	40	48
	3,0	67	40	45	83	55	51	58	107	71	65	75	86
	3,5	110	68	78	>150	90	86	97	>150	115	112	>120	>150
2	1,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	1,5	25	15	19	27	22	25	26	30	25	27	30	28
	2,0	40	33	38	45	40	40	40	48	45	42	45	52
	2,5	68	60	65	72	65	65	70	76	69	71	75	76
	3,0	103	94	100	110	118	100	105	120	118	109	115	>150
	3,5	190	>150	124	>150	132	>150	>150	>150	>150	>150	>150	-
3	1,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	1,5	28	30	30	28	28	30	30	28	28	30	30	28
	2,0	35	42	42	35	40	43	42	35	40	43	42	40
	2,5	42	50	50	42	48	50	50	42	48	50	50	48
	3,0	50	60	60	50	56	60	60	50	56	60	60	56
	3,5	60	70	70	60	66	70	70	60	68	70	70	68

Таблица 7

Результаты расчета долговечности (срок службы) конструкции,
эксплуатируемой в Южной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35			В40			В45		
		ПЦ II/A-III-400	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ II/A-III-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ II/A-III-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ I-500
1	1,0	<10	<10	<10	18	<10	<10	<10	37	<10	<10	15	<10
	1,5	105	40	52	150	65	65	78	>150	98	100	115	130
	2,0	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
2	1,0	28	26	27	28	22	27	28	30	21	30	30	22
	1,5	45	43	45	47	42	45	46	49	43	47	50	48
	2,0	78	77	78	79	83	80	80	80	86	81	81	94
	2,5	125	124	125	125	104	127	127	130	105	131	130	114
3	1,0	110	123	120	112	120	130	124	115	120	132	124	120

Таблица 8

Результаты расчета долговечности (срок службы) конструкции,
эксплуатируемой в Восточной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35			В40			B45		
		ПЦ Ш/А-Ш-400	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ Ш/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ Ш/А-Ш-400	ПЦ I-500	СС ПЦ-400-Д0	СС ПЦ-400-Д20	ПЦ I-500
1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	-	-	-	<10	-	-	-	<10	<10	<10	<10	<10
	2,0	<10	<10	<10	15	<10	<10	<10	17	11	10	12	14
	2,5	26	20	20	30	20	20	20	38	26	25	30	32
	3,0	41	28	30	55	36	35	40	70	46	45	50	58
	3,5	63	46	52	88	63	56	65	118	78	75	85	96
2	1,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	1,5	18	15	16	20	18	16	18	24	20	20	20	22
	2,0	30	25	26	32	30	27	30	39	32	31	34	36
	2,5	52	45	47	58	52	50	53	63	57	55	60	65
	3,0	83	72	76	88	81	78	82	95	88	87	90	102
	3,5	125	105	113	>150	125	117	128	>150	>150	138	>150	>150
3	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1,5	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	2,0	25	26	27	26	27	27	28	26	26	28	28	25
	2,5	35	40	40	35	38	40	40	35	38	40	40	38
	3,0	40	48	48	40	45	48	48	40	45	48	48	45
	3,5	48	55	55	48	55	55	55	48	55	55	55	55

Выводы. Анализ результатов расчета показал, что без применения вторичной защиты нормативный срок службы конструкции (100 лет) при эксплуатации в Северной и Южной Украине обеспечивается для всех рассмотренных составов бетона при толщине защитного слоя 2,5 см.

При эксплуатации понтона в Центральной Украине требуемая долговечность без вторичной защиты обеспечивается при использовании бетона классов прочности В30, В35, В40 на сульфатостойком цементе СС ПЦ-400-Д20 и при толщине защитного слоя 3,5 см.

При эксплуатации железобетонных понтонов в регионах Восточной и Западной Украины необходимо применение вторичной защиты.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Синцов Г. М. / Синцов Г. М., Либов Ю. А., Антипов В. А., Лапин Е. И. Конструкция и прочность железобетонных судов. – Л. : Судостроение, 1969. – 384 с.
2. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Алексеев, Ф. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – М. : Стройиздат, 1990. – 320 с.
3. Савицкий Н. В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах. Дисс... докт. техн. наук. – Д., 1994. – 410 с.
4. Матюшенко И. Н. Прогнозирование долговечности бетона в жидких агрессивных средах. Дисс... канд. техн. наук. – Д, 2008. – 156 с.
5. Экологическая база данных бассейна Днепра. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://dnipro.ecobase.org.ua/>.
6. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ): ДСТУ Б В.2.6-145:2010. – [Чинний від 2011.07.01]. – К. :

Мінрегіонбуд України, 2010. – 56 с. – (Національні стандарти України).

7. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний від 2011.06.01] – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Національні стандарти України).

УДК 620.193:624.012.4

Исследование долговечности железобетонных понтонов, эксплуатируемых на водных объектах Украины / С. Е. Шехоркина, И. Н. Матюшенко, Н. В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 64 – 69. – табл. 8. – Библиогр.: (8 назв.).

Исследована долговечность конструкции железобетонного понтона для возведения плавучих сооружений на водных объектах Украины. Определены конструктивно-технологические параметры конструкции для обеспечения требуемого срока службы.

Ключевые слова: железобетонные понтоны, долговечность, водные объекты.

Дослідження довговічності залізобетонних понтонів, що експлуатуються на водних об'єктах України / С. Є. Шехоркіна, І. М. Матюшенко, М. В. Савицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 1 – 2. – С. 64 – 69. – табл. 8. – Бібліогр.: (8 назв.).

Досліджено довговічність конструкції залізобетонного понтона для зведення плавучих споруд на водних об'єктах України. Визначено конструктивно-технологічні параметри конструкції для забезпечення необхідного терміну служби.

Ключові слова: залізобетонні понтони, довговічність, водні об'єкти.

Investigation of durability of reinforced concrete pontoons which are exploiting on Ukraine water objects / S. E. Shekhorkina, I. N. Matyushenko, N. V. Savitskiy // Visnyk of Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 1 – 2. – P. 64 – 69. – tabl. 8. – Bibliogr.: (8 names).

The durability of reinforced concrete pontoon for floating structures erection on water objects in Ukraine was investigated. The structural-technological parameters of structure were determined to provide required period of service life.

Key words: reinforced concrete pontoons, durability, water objects.