

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПОНТОНОВ, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ НА ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ УКРАИНЫ

Шехоркина С.Е., *м.н.с.*, Савицкий Н.В., *д.т.н.*, *проф.*

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепрпетровск, Украина

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 [2]. 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 исследования долговечности, выбора параметров первичной защиты и обоснования необходимости применения вторичной защиты конструкции остаются актуальными.

Изучению долговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию жидких агрессивных сред, посвящены многие исследования [3, 4, 5].

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 и относятся к категории загрязненных. В таблице 1 приведены обобщенные данные гидрохимических показателей водоемов Украины по результатам экологических исследований [2].

Для расчета долговечности железобетонного понтона в условиях воздействия агрессивной жидкой среды была использована методика прогнозирования долговечности, изложенная в работе [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	53-1457	175-417	6-19
Запад	25-1017	38-2279	64-669	данные отсутствуют
Восток	56-1770	96-3000	119-476	данные отсутствуют
Юг	37-165	49-381	175-381	5-24

Примечание. Север - Житомирская, Киевская, Сумская, Черниговская, Ровенская обл.; Центр - Винницкая, Днепропетровская, Кировоградская, Полтавская, Черкасская обл.; Запад - Львовская, Ивано-Франковская, Тернопольская, Волынская, Ровненская, Хмельницкая, Черновицкая, Закарпатская обл.; Восток - Луганскую, Харьковскую и Донецкую обл.; Юг - Одесская, Николаевская, Херсонская, Запорожская обл.

В качестве основных критериев отказа конструкции были приняты:

- 1) достижение концентрации хлоридов равной 3 мг/л или сульфатов – 800мг/л на поверхности арматуры;
- 2) разупрочнение бетона вследствие сульфатной коррозии;
- 3) уменьшение щелочности окружающего арматуру электролита до рН 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 кон-

струкции (табл. 3). Величина защитного слоя варьировалась от 10 мм (нижний предел по [7]) до 35 мм с шагом 5 мм. В качестве примера, в таблице 4 приведены результаты расчетов долговечности конструкции понтона, эксплуатируемого в Центральной Украине.

Таблица 2
Химико-минералогический состав цемента

№ п/п	Тип цемента	Характеристика, %			
		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
1	ПЦ II/A-III-400	60.14	16.76	6.99	12.23
2	ПЦ I-500	67.3	13.5	6	10.4
3	СС ПЦ-400-Д0	48.25	32.6	4.54	11.5
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 II/A-III-400	B30	335	1	1.75	3.48	0.6
	B35	365	1	1.59	3.14	0.55
	B40	400	1	1.46	2.78	0.5
ПЦ I-500	B35	330	1	1.88	3.45	0.6
	B40	360	1	1.65	3.17	0.55
	B45	370	1	1.66	3.09	0.5
СС ПЦ-400-Д0	B30	335	1	1.75	3.48	0.6
	B35	365	1	1.59	3.14	0.55
	B40	400	1	1.46	2.78	0.5
СС ПЦ-400-Д20	B30	335	1	1.75	3.48	0.6
	B35	365	1	1.59	3.14	0.55
	B40	400	1	1.46	2.78	0.5

Таблица 4
 Результаты расчета долговечности (срок службы) понтона, эксплуатируемого в Центральной Украине

Критерий отказа	Величина защитного слоя, см	Долговечность (срок службы), годы											
		В30			В35			В40			В45		
1	1	<10	-	-	<10	-	-	<10	18	<10	-	<10	<10
	1.5	<10	<10	10	<10	<10	<10	18	<10	10	<10	<10	12
	2	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	127	73	82	150	80	92	104	>150	138	125	>150	>150
2	3.5	>150	127	>150	>150	137	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
	1	<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	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	3	132	122	127	118	115	130	135	>150	>150	>150	>150	>150
	3.5	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150	-	-	-	-	-
	1	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	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	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

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 толщине защитного слоя 3,5 см.

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

Summary

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

Литература

1. Синцов Г. М., Либов Ю. А., Антипов В. А., Лапин Е. И. Конструкция и прочность железобетонных судов. Л., Судостроение, 1969. – 384 с.
2. Экологическая база данных бассейна Днепра. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://dnipro.ecobase.org.ua/>.
3. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С. Алексеев, Ф. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
4. Савицкий Н. В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах. Дисс. д. т. н. – Дн-ск, 1994. – 410 с.
5. Матюшенко И. Н. Прогнозирование долговечности бетона в жидких агрессивных средах. Дисс. к. т. н. – Днепропетровск., 2008. – 156 с.
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).