

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Колосов Михаил Александрович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
kaf_gsk@gumrf.ru
Смирнов Александр Александрович — аспирант.
Научный руководитель:
Колосов Михаил Александрович.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
inf-smirnoff@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kolosov Mikhail Aleksandrovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
kaf_gsk@gumrf.ru
Smirnov Aleksandr Aleksandrovich — postgraduate.
Supervisor:
Kolosov Mikhail Aleksandrovich.
Admiral Makarov State University of Maritime
and Inland Shipping
inf-smirnoff@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25 августа 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-85-97
УДК 626.421; 691.32

**И. В. Комков,
К. П. Моргунов,
А. В. Семенников**

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕТОНА КАМЕР ШЛЮЗОВ
ВОЛГОГРАДСКОГО ГИДРОУЗЛА**

Судоходные шлюзы Волгоградского гидроузла эксплуатируются более 55 лет, при этом железобетонные конструкции гидротехнического сооружения подвергаются воздействию различных нагрузок, изменяющихся во времени. Контрольно-измерительная аппаратура, установленная на шлюзах, морально и физически устарела, часть её вышла из строя, с момента проектирования и строительства шлюзов изменились и нормативные требования, регламентирующие надежную работу шлюзов. Для оценки реального состояния железобетонных конструкций было выполнено детальное исследование свойств бетона камер шлюзов. Использовались две группы методов: выбуривание и лабораторные испытания контрольных образцов бетона (кернов) и методы неразрушающего исследования. Для верхней и нижней камер шлюза № 31 определялась прочность и защитные свойства бетона, степень коррозии арматуры. Установлено, что в большинстве образцов прочность бетона превышает проектную, пониженная прочность бетона выявлена на участках, подверженных выщелачиванию и морозной деструкции. Бетон строительных конструкций верхней и нижней камер шлюза № 31 не карбонизирован. Конструктивная арматура частично корродированна, на рабочей арматуре коррозии нет. При наличии в стенах камер достаточного количества дефектов, связанных с разуплотнением и разрушением поверхностных зон бетона, зоны слабого бетона не превышают глубины в 20 – 40 см. За 55 лет эксплуатации бетон конструкций лишь упрочнился.

Ключевые слова: судоходные шлюзы, определение прочности и сплошности бетона, прочность на сжатие, степень карбонизации, активная коррозия арматуры.

Введение

Судоходные шлюзы № 30 и № 31 Волгоградского гидроузла являются гидротехническими сооружениями I класса и находятся в эксплуатации уже более 55 лет. Длительная эксплуатация шлюзов привела к определенным изменениям параметров, характеризующих состояние сооружений и конструкций, особенно проявившимся в последние 20 лет. В значительной степени это обусловлено, по-видимому, тем, что в эти годы изменился характер эксплуатации шлю-

зов — существенно снизилось количество шлюзований, как правило, одна из ниток гидроузла находилась в осушенном состоянии для производства ремонтных работ, подвергаясь при этом температурным воздействиям значительных амплитуд. В результате этого в последние годы зафиксировано изменение состояния сооружения: возникли особенности в фильтрационном режиме сооружений, деформациях верха стен камер шлюзов, напряжениях в тыловой арматуре стены.

С самого начала эксплуатации на шлюзах было организовано наблюдение за состоянием железобетонных конструкций. В соответствии с проектом, шлюзы были оснащены контрольно-измерительной аппаратурой для оценки состояния и перемещения конструкций сооружений: щелемерами, геодезическими марками. Кроме того, в научно-исследовательских целях одна из секций верхней камеры шлюза была оснащена специальными закладными приборами для изучения и контроля напряжений в арматуре, давления грунта на тыловые грани стен камеры, деформаций швов и температурного режима железобетонных конструкций.

К настоящему времени установленная на Волгоградском гидроузле контрольно-измерительная аппаратура, в том числе и закладная, морально и физически устарела, а часть её вышла из строя. Кроме того, с момента проектирования и строительства шлюзов разработаны новые методы исследования свойств бетонов и оценки их характеристик [1] – [7], изменились и нормативные требования, регламентирующие надежную работу шлюзов. Поэтому оценка реального состояния железобетонных конструкций в настоящее время является весьма актуальной задачей, так как очевидно, что нарушение прочности и устойчивости конструктивных элементов сооружений может привести их в аварийное состояние с понижением уровня безопасности гидроузла в целом и прекращением судоходства через него.

С этой целью в 2014 – 2015 гг. было выполнено детальное исследование свойств бетона конструкций камер шлюзов.

Исследование свойств бетона

В соответствии с проектной архивной документацией по производству работ [8], днище камер Волгоградского гидроузла и первый ярус бетонирования должны были быть изготовлены из бетона марки М250 В 4 морозостойкостью 200 циклов, остальные стеновые блоки — из бетона М200 В 4 Мрз200, а плиты-оболочки — из бетона М250 В 8 Мрз300. Однако при строительстве в отступление от проекта бетон с морозостойкостью 200 циклов не применялся и был заменён на бетон с морозостойкостью 100 циклов.

Для приготовления бетонов использовался пластифицированный и пуццолановый портландцемент марки не ниже 400. По минералогическому составу в применяемых цементах Себряковского и Магнитогорского заводов содержание извести составляло 65 – 66 %. Расход цемента составлял 270 – 320 кг на 1 м³ бетона, водоцементное отношение — 0,45 – 0,6, подвижность бетонной смеси — в пределах 4 – 8 см. В качестве мелкого заполнителя использовался песок с модулем крупности 1,1 – 1,6, в качестве крупного заполнителя применялся щебень и гравий фракций 5 – 40 и 40 – 80 мм в соотношении 50 : 50. В качестве добавки пластификатора применялась сульфатно-спиртовая барда в количестве 0,2 % от веса цемента.

Проведенные в 2014 – 2015 гг. исследования имели своей целью определение фактической прочности монолитного бетона железобетонных строительных конструкций верхней и нижней камер шлюза № 31 через 55 лет с момента строительства.

Работа началась с проведения внешнего осмотра и освидетельствования железобетонных строительных конструкций для выявления наиболее значимых дефектов и повреждений по внешним признакам (разрушения, вывалы, значительные трещины). В процессе обследования составлялись карты дефектов и дефектные ведомости с детальным описанием повреждений и их расположения. Пример карты дефектов правой стенки верхней камеры шлюза № 31 приведен на рис. 1.

По результатам освидетельствования были определены места дальнейшего инструментального обследования.

Схема повреждения стен верхней камеры шлюза №31 (правая сторона)

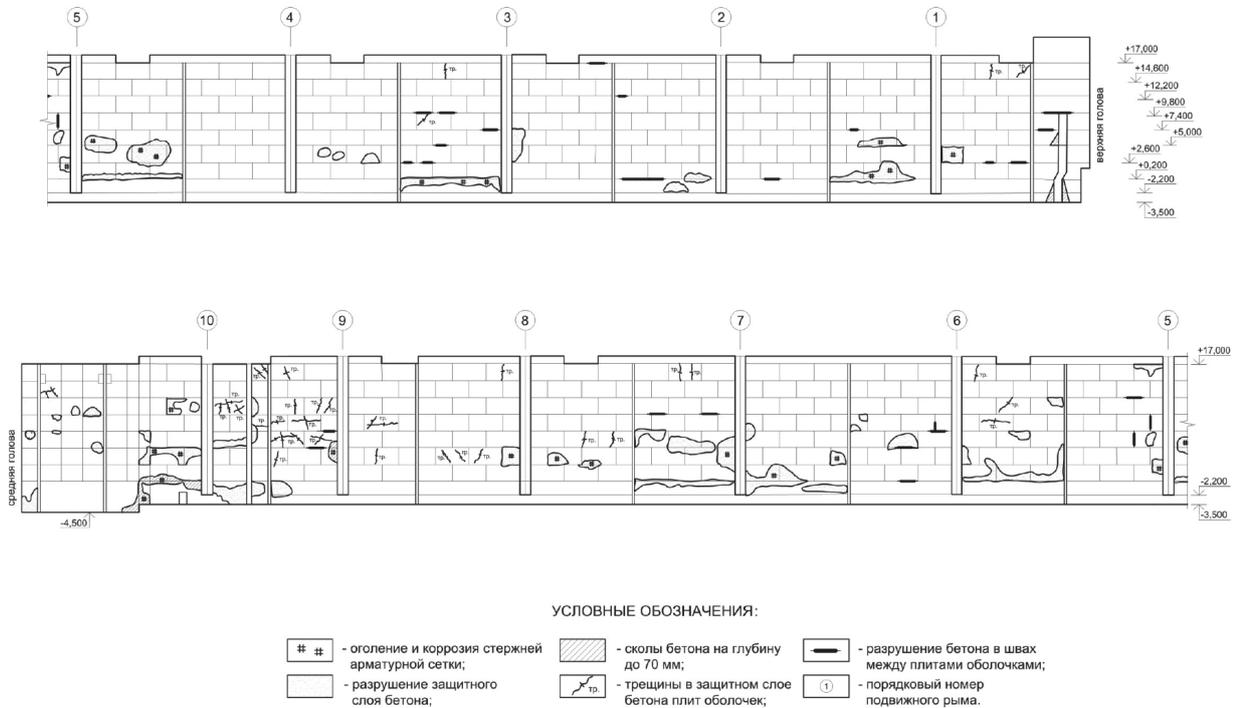


Рис. 1. Карта дефектов правой стенки верхней камеры шлюза № 31

Выявленные в ходе визуального освидетельствования дефекты и повреждения бетона в основном сводились к следующим:

- оголение и коррозия стержней арматурной сетки;
- разрушение защитного слоя бетона;
- сколы бетона на глубину до 70 мм;
- трещины в защитном слое бетона плит оболочек;
- разрушение бетона в швах между плитами оболочками.

Анализ и дальнейшее инструментальное исследование показали, что имеющиеся в камерах дефекты и повреждения не представляют опасности для несущей способности конструкций и не снижают прочности бетона.

Для инструментального обследования были применены две группы методов:

- выбуривание и лабораторные испытания 12 контрольных образцов бетона (кернов) с определением фактической прочности бетона на сжатие по ГОСТ [9], [10];
- методы неразрушающего исследования.

С использованием неразрушающих методов были выполнены следующие исследования:

- неразрушающий контроль фактической прочности бетона механическими методами упругого отскока и отрыва со скалыванием в 71 месте по ГОСТ [11];
- определение глубины карбонизации (оценка защитных свойств бетона) по ГОСТ [12] с помощью пробы фенолфталеина (однопроцентный спиртовой раствор) на свежем изломе бетона в местах отрыва со скалыванием;
- неразрушающий контроль фактической прочности и трещиноватости бетона ультразвуковым методом в 50 местах согласно ГОСТ [13];

– определение расположения арматуры и толщины защитного слоя бетона магнитным методом по ГОСТ [14];

– неразрушающий контроль степени коррозии арматуры путем измерения потенциалов на поверхности бетона по [15].

Участки испытаний назначались в соответствии с требованиями [16]:

– в зонах наиболее нагруженного сечения, определяющего несущую способность конструкции, где прочность бетона имеет наибольшее значение;

– в местах, имеющих дефекты и повреждения, которые могут свидетельствовать о снижении прочности бетона (коррозионные повреждения, морозная деструкция в зоне переменного уровня воды и т. д.).

По результатам анализа проектных расчетов прочности камер шлюза [8] наиболее нагруженное сечение находится в вутовой части шлюза, так как она испытывает максимальные нагрузки во всех расчетных случаях.

Данные по количеству кернов и участков измерений прочности бетона неразрушающими методами представлены в табл. 1.

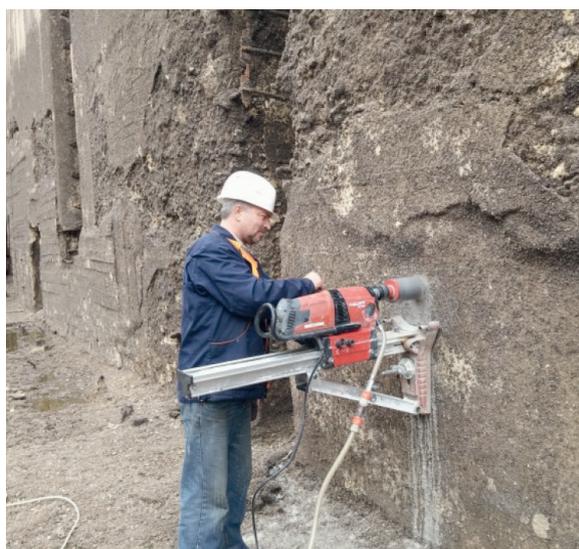
Таблица 1

**Определение прочности бетона конструкций шлюза № 31
(количество измерений)**

Контракция	Методы инструментального обследования			
	метод упругого отскока	ультразвуковой метод	метод отрыва со скалыванием	отбор кернов бетона
Нижняя камера	30	30	21	8
Верхняя камера	20	20	–	4

Выбуривание кернов из бетона конструкций шлюза выполнялось буровой установкой HILTI DD200; распиловка бетонных кернов на испытуемые образцы проводилось камнерезным станком РК 70NM 400V 4KW. Фрагменты рабочих моментов инструментального обследования представлены на рис. 2 и 3.

а)



б)



Рис. 2. Рабочие моменты выбуривания кернов бетона из железобетонных конструкций камер шлюза № 31:

а — отбор образцов бетона из вутовой части;

б — отбор образцов бетона в нижней камере



Рис. 3. Рабочие моменты инструментального обследования железобетонных конструкций камер шлюза № 31:

- а* — измерение прочности монолитного бетона неразрушающим методом упругого отскока;
б — измерение прочности монолитного бетона неразрушающим методом отрыва со скалыванием

Для неразрушающего контроля применены следующие технические средства:

- Proceq ORIGINAL SCHMIDT тип N, молоток Шмидта — прибор неразрушающего контроля прочности бетона механическим методом упругого отскока;
- Оникс-ОСnew — прибор неразрушающего контроля прочности бетона механическим методом отрыва со скалыванием;
- УКС-МГ4С — ультразвуковой тестер для неразрушающего контроля прочности и сплошности бетона акустическим методом;
- CANIN+ — прибор для неразрушающего контроля степени коррозии арматуры в железобетонных конструкциях методом потенциалов;
- HILTI PS35 — металлодетектор, прибор экспресс-определения положения арматуры в железобетонных конструкциях и толщины защитного слоя бетона.

По итогам детального комплексного исследования свойств бетона конструкций шлюзов были получены следующие результаты.

1. Определение прочности бетона. Прочность бетона оценивалась по результатам лабораторных испытаний образцов (выбуренных кернов) и с использованием неразрушающих натуральных испытаний.

Верхняя камера шлюза № 31

Испытание кернов. Для лабораторных испытаний железобетонных строительных конструкций верхней камеры шлюза были отобраны восемь проб бетона (керны диаметром 100 мм, высотой до 400 мм). Образцы керна приведены на рис. 4.



Рис. 4. Керны, отобранные из железобетонных конструкций верхней камеры шлюза № 31:

- а* — вид керна, отобранного из вутовой части правой стены верхней камеры;
б — вид керна, отобранного из пазухи рымов верхней камеры

Внешний осмотр проб бетона показал:

- структура бетона характеризуется наличием однонаправленных вертикальных усадочных трещин, распределение зёрен крупного заполнителя и растворной составляющей равномерное;
- контактная зона крупного заполнителя и растворной составляющей плотная;
- крупным заполнителем является гравий и щебень не менее трех видов различных горных пород, размеры фракций — до 80 мм;
- в растворной составляющей имеются поры и каверны диаметром до 5 мм, в отдельных пробах — пустоты объёмом до 1 см³;
- контактная зона монолитного бетона с плитами-оболочками плотная, трещин нет.

Плотность бетона находится в пределах 2311 ± 140 кг/м³, что соответствует тяжёлому бетону.

Характеристики однородности бетона по плотности:

- среднеквадратическое отклонение — 90,6 кг/м³;
- коэффициент вариации — 3,9 %;
- минимальное отклонение от среднего — 0,3 кг/м³ или 0,01 %;
- максимальное отклонение от среднего — 139,1 кг/м³ или 6,0 %.

Прочность на сжатие. Средняя кубиковая прочность бетона составила $32,2 \pm 10,6$ МПа, что соответствует классу бетона В25 или марке М350, согласно [17], при проектной марке М250. Результаты определения прочности бетона на сжатие образцов (кернов) представлены в табл. 2.

Характеристики однородности бетона по прочности:

- среднеквадратическое отклонение — 6,9 МПа;
- коэффициент вариации — 21,3 %;
- максимальное отклонение от среднего — 10,6 МПа;
- минимальное отклонение от среднего — 0,4 МПа.

Таблица 2

**Результаты определения прочности бетона на сжатие
(верхняя камера шлюза № 31, проектная марка бетона М250)**

Маркировка образца	Фактическая кубиковая прочность бетона, МПа		Фактическая марка / класс бетона
	образца	средняя	
С1а	51,7*	–	М550/В40
С1б	33,6	33,6	М350/В25
С2а	22,2	22,4	М200/В15
С2б	22,6		
С3а	21,6	26,9	М250/В20
С3б	32,3		
С3в	20,7		
О1	55,2*	–	М550/В40
О2а	43,7*	–	М400/В30
О2б	38,0	37,95	М350/В27,5
О2в	37,9		
П1а	29,0	29,0	М300/В22,5
П2а	40,2	42,8	М400/В30
П2б	45,5		
П2в	38,0		
П3а	26,0	32,6	М350/В25
П3б	39,1		
Среднее		32,2	М350/В25

* Образцы не участвовали в анализе прочности, так как содержат ремонтный бетон и бетон плит оболочек.

Неразрушающий контроль прочности и сплошности бетона. Измерение фактической прочности бетона строительных конструкций верхней камеры неразрушающими методами (механический метод отрыва со скалыванием, упругого отскока и ультразвуковой метод) проведено на 30 участках, общее количество измерений составило 81.

Результаты измерений представлены в табл. 3 – 5.

Таблица 3

**Результаты измерений прочности бетона механическим методом упругого отскока [11]
 (верхняя камера шлюза № 31, проектная марка бетона М250)**

Номер участка измерения	Измеренная прочность, МПа			Фактическая марка / класс бетона
	мин.	макс.	средняя	
1	19,3	26,2	23,3	М200/В15
2	23,4	28,9	27,2	М250/В20
3	30,3	35,8	31,2	М300/В22,5
4	37,2	44,0	42,2	М400/В30
5	45,4	52,3	48,0	М450/В35
6	35,8	41,3	39,1	М400/В30
7	22,1	26,2	24,8	М200/В15
8	22,1	27,5	24,1	М200/В15
9	30,3	35,8	33,0	М350/В25
10	34,4	39,9	38,0	М350/В27,5
11	50,9	57,8	55,0	М550/В40
12	35,8	44,0	39,9	М400/В30
13	33,0	38,5	35,8	М350/В27,5
14	38,5	41,3	40,5	М400/В30
15	41,3	49,5	44,7	М400/В30
16	31,7	35,8	34,0	М350/В25
17	46,8	55,0	50,7	М450/В35
18	39,9	46,8	44,8	М400/В30
19	31,7	37,2	33,6	М350/В25
20	26,2	33,0	30,4	М300/В22,5
21	33,3	38,8	36,8	М350/В27,5
22	10,0	15,5	12,5	М100/В7,5
23	26,5	34,7	29,9	М300/В22,5
24	40,2	48,5	45,6	М450/В35
25	25,1	30,6	28,7	М250/В20
26	21,0	29,2	23,9	М200/В15
27	18,2	25,1	22,4	М200/В15
28	8,6	12,7	11,0	М100/В7,5
29	34,7	43,0	38,5	М350/В27,5
30	46,8	55,0	50,4	М450/В35
Среднее			34,7	М350/В25

Таблица 4

**Результаты измерений прочности бетона ультразвуковым методом [13]
 (верхняя камера шлюза № 31, проектная марка бетона М250)**

Номер участка измерения	Скорость УЗК, м/с	Измеренная прочность, МПа	Фактическая марка / класс бетона
1	4389	31,6	M300/B22,5
2	4321	30,1	M300/B22,5
3	5231	52,3	M550/B40
4	4802	40,5	M400/B30
5	4877	42,2	M400/B30
6	4567	34,9	M350/B25
7	4448	32,5	M350/B25
8	3769	21,4	M200/B15
9	4172	27,6	M250/B20
10	4713	38,6	M400/B30
11	5167	50,6	M450/B35
12	5168	50,5	M450/B35
13	5049	46,9	M450/B35
14	4538	34,2	M350/B25
15	4649	36,9	M350/B27,5
16	5345	56,4	M550/B40
17	5216	52,0	M550/B40
18	5142	50,1	M450/B35
19	4590	35,7	M350/B27,5
20	4808	40,6	M400/B30
21	4520	34,2	M350/B25
22	3710	20,6	M200/B15
23	5256	53,2	M550/B40
24	5020	46,5	M450/B35
25	5119	49,9	M450/B35
26	4961	44,8	M400/B30
27	3914	23,4	M200/B15
28	3291	15,9	M150/B10
29	5335	56,0	M550/B40
30	4990	45,0	M450/B35
Среднее		39,8	M400/B30

Таблица 5

**Результаты измерений прочности бетона механическим методом отрыва со скалыванием [11]
 (верхняя камера шлюза № 31, проектная марка бетона М250)**

№ участка измерения	Фактическая прочность, МПа	Фактическая марка / класс бетона
2	25,1	M200/B15
3	54,7	M550/B40

Таблица 5
(Окончание)

4	41,6	M400/B30
5	46,4	M450/B35
6	34,8	M350/B25
7	28,1	M250/B20
8	26,6	M250/B20
9	33,1	M350/B25
10	36,5	M350/B27,5
11	53,3	M550/B40
12	47,5	M450/B35
13	55,7	M550/B40
14	47,0	M450/B35
15	57,5	M550/B40
16	34,3	M350/B25
17	50,2	M450/B35
18	47,8	M450/B35
19	27,5	M250/B20
20	31,3	M300/B22,5
30	57,5	M550/B40
Среднее	40,3	M400/B30

Средняя фактическая прочность бетона составила 38,0 МПа, что с учётом однородности соответствует классу бетона В20 или марке М250 согласно [17]. По результатам неразрушающего контроля классы В27,5 и выше получены в 56,8 % случаев, классы В15 – В25 — в 38,3 % случаев, классы ниже В15 — в 4,9 % случаев. Фактическая прочность бетона в большинстве случаев выше или соответствует проектной (проектная марка бетона М250).

Характеристики однородности по прочности:

- среднеквадратическое отклонение — 11,7 МПа;
- коэффициент вариации — 30,7 %;
- минимальное отклонение от среднего — 0,1 МПа;
- максимальное отклонение от среднего — 27,6 МПа.

Прочность бетона определялась одновременно разрушающим и тремя неразрушающими методами контроля прочности: двумя механическими (метод упругого отскока, отрыв со скалыванием) и ультразвуковым. Это подтверждает высокую надежность полученных результатов.

Нижняя камера шлюза № 31

В нижней камере шлюза прочностные свойства бетона определялись по четырем образцам (керны диаметром 100 мм, высотой до 400 мм).

Внешний вид образцов бетона из конструкций нижней камеры идентичен образцам, полученным в верхней камере.

Плотность бетона находится в пределах 2315 – 118 кг/м³, что соответствует тяжёлому бетону.

Характеристики однородности бетона по плотности:

- среднеквадратическое отклонение — 72,0 кг/м³;
- коэффициент вариации — 3,1 %;
- минимальное отклонение от среднего — 3,4 кг/м³ или 0,15 %;
- максимальное отклонение от среднего — 118 кг/м³ или 5,1 %.

Прочность на сжатие. Средняя кубиковая прочность бетона составила 25,0 – 3,8 МПа, что соответствует классу бетона В20 или проектной марке М250 согласно [16].

Характеристики однородности по прочности:

- среднее квадратическое отклонение — 3,8 МПа;
- коэффициент вариации — 15,1 %;
- максимальное отклонение от среднего — 3,8 МПа;
- минимальное отклонение от среднего — 2,6 МПа.

Неразрушающий контроль прочности и сплошности бетона. Измерение фактической прочности бетона строительных конструкций нижней камеры шлюза № 31 неразрушающими методами (механический метод упругого отскока и ультразвуковой метод) проведено на 20 участках, общее количество измерений — 40.

Средняя фактическая прочность бетона составила 28,2 МПа, что с учётом однородности соответствует классу бетона В20 или марке М250 согласно [17]. По результатам неразрушающего контроля классы В25 и выше получены в 20,0 % случаев, классы В22,5 – В20 — в 52,5 % случаев, класс В15 — в 27,5 % случаев. Фактическая прочность бетона в большинстве случаев выше или соответствует проектной (проектная марка бетона М250).

Характеристики однородности по прочности:

- среднее квадратическое отклонение — 5,2 МПа;
- коэффициент вариации — 18,3 %;
- минимальное отклонение от среднего — 0,1 МПа;
- максимальное отклонение от среднего — 16,8 МПа.

2. Защитные свойства бетона и состояние арматуры. Оценка защитных свойств бетона и степени коррозии арматуры железобетонных конструкций проводилась по степени карбонизации и толщине защитного слоя бетона. Была также выполнена диагностика активной коррозии арматуры в конструкциях. Результаты этих исследований следующие.

Бетон строительных конструкций не карбонизирован. При порах, полностью заполненных водой, скорость проникновения CO_2 в бетон стремиться к нулю.

Фактическая толщина защитного слоя бетона составляет:

- конструктивной сетки — 20 мм;
- конструктивной арматуры — не менее 45 мм;
- рабочей арматуры — 200 мм.

Толщина защитного слоя бетона соответствует проектным требованиям.

Неразрушающий контроль состояния стальной арматуры проведен на участках монолитного бетона железобетонных конструкций, выполнен с использованием прибора CANIN+. Результатом работы прибора являлись эквипотенциальные карты коррозионной активности, на которых отображены потенциалы коррозии стержневой арматуры в бетоне. Пример карты потенциалов приведен на рис. 5.

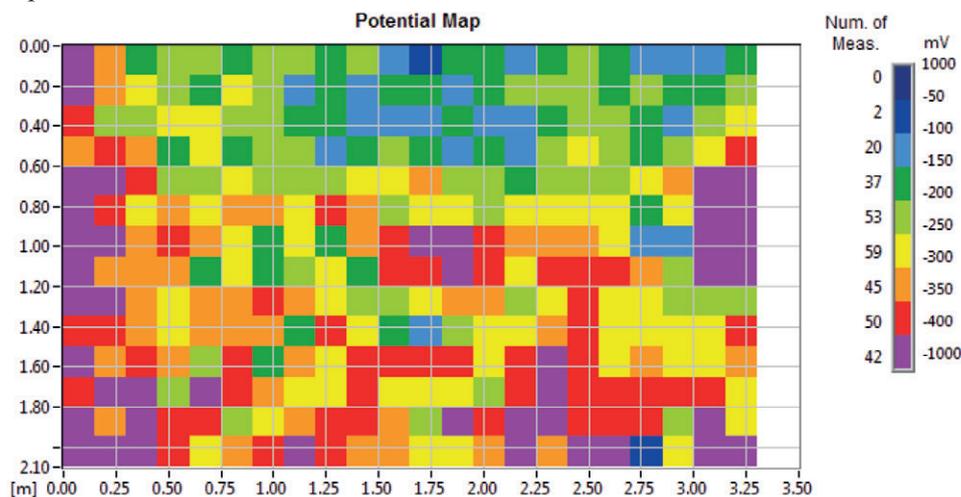


Рис. 5. Карта потенциалов железобетонных монолитных стен верхней камеры шлюза № 31 для оценки степени коррозии арматуры прибором CANIN+

Показания потенциалов находятся в больших пределах — от минус 150 мV до минус 1000 мV — и свидетельствуют:

- о наличии неравномерной коррозии арматуры внутри бетонных конструкций с вероятностью 90 %;
- о распространении коррозии от обнажённой арматуры на разрушенных участках вдоль стержней вглубь бетонного массива, выявленные усадочные трещины способствуют развитию этого процесса;
- о потере пассивности арматуры в зоне влияния усадочных трещин.

Выводы и заключения

В строительных конструкциях верхней и нижней камер шлюза № 31 имеются следующие дефекты и повреждения:

- оголение и коррозия стержней арматурной сетки;
- разрушения защитного слоя бетона;
- сколы бетона на глубину до 70 мм;
- трещины в защитном слое бетона плит оболочек;
- разрушение бетона в швах между плитами оболочками.

Проведенные исследования и анализ их результатов показали, что выявленные дефекты и повреждения не критичны и не снижают несущую способность стен.

При визуальном обследовании отобранных кернов бетона выявлены однонаправленные усадочные трещины. Контактная зона плит оболочек и монолитного бетона плотная, трещин нет.

Средняя прочность бетона на сжатие при проектной марке М250 составила:

- верхняя камера — 37,7 МПа, что соответствует марке бетона М350 или классу В27,5;
- нижняя камера — 27,9 МПа, что соответствует марке бетона М250 или классу В20.

В большинстве случаев прочность бетона превышает проектную, пониженная прочность бетона выявлена на участках, подверженных выщелачиванию и морозной деструкции.

Бетон строительных конструкций верхней и нижней камер шлюза № 31 не карбонизируется.

Конструктивная арматура частично корродирована. На рабочей арматуре коррозии нет.

Таким образом, проведенные исследования свойств бетона показали, с одной стороны, наличие в стенах камер достаточного количества дефектов, связанных с разуплотнением и разрушением поверхностных зон бетона. Однако, с другой стороны, мероприятия по разборке бетонных поверхностей при проведении ремонта в камерах показали, что зоны слабого бетона не превышают глубины в 20 – 40 см. Глубже и в остальных зонах бетон по результатам опробования имеет прочность, превышающую проектную на 5,0 – 10 МПа, т. е. за 55 лет эксплуатации бетон конструкций лишь упрочнился.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джонс Р. Неразрушающие методы испытаний бетонов: пер. с румынск. / Р. Джонс, И. Фэжэоару. — М.: Стройиздат, 1974. — 292 с.
2. Васильев П. И. Железобетонные конструкции гидротехнических сооружений / П. И. Васильев, Ю. И. Кононов, Я. Н. Чирков. — Киев; Донецк: Вища школа. Головное изд-во, 1982. — 320 с.
3. Баженов Ю. М. Технология бетона / Ю. М. Баженов. — М.: АСВ, 2007. — 528 с.
4. Маилян Р. Л. Строительные конструкции: учеб. пособие / Р. Л. Маилян, Д. Р. Маилян, Ю. А. Веселов. — 4-е изд. — Ростов н/Д: Феникс, 2010. — 875 с.
5. Штенгель В. Г. Общие проблемы технического обследования неметаллических строительных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений / В. Г. Штенгель // Инженерно-строительный журнал. — 2010. — № 7. — С. 4–9.
6. Улыбин А. В. О выборе методов контроля прочности бетона построенных сооружений / А. В. Улыбин // Инженерно-строительный журнал. — 2011. — № 4. — С. 10–15.

7. Улыбин А. В. Определение прочности бетона при обследовании зданий и сооружений / А. В. Улыбин, С. Д. Федотов, Д. С. Тарасова // Мир строительства и недвижимости. — 2012. — № 45. — С. 2–5.
8. Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС. Технический отчет о проектировании и строительстве: в 2 т. — М.-Л.: Энергия, 1965. — Т. 1. Основные сооружения гидроузла / под ред. А. В. Михайлова. — 648 с.
9. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкции. — М.: Стандартинформ, 2005. — 11 с.
10. ГОСТ 12730.1-78. Бетоны. Методы определения плотности. — М.: Стандартинформ, 2007. — 5 с.
11. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. — М.: Издательство стандартов, 1995. — 28 с.
12. ГОСТ 31383-2008. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний. — М.: Стандартинформ, 2010. — 35 с.
13. ГОСТ 17624-2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. — М.: Стандартинформ, 2014. — 16 с.
14. ГОСТ 22904-93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры. — М.: Стандартинформ, 2010. — 11 с.
15. ОДМ 218.3.001-2010. Рекомендации по диагностике активной коррозии арматуры в железобетонных конструкциях мостовых сооружений на автомобильных дорогах методом потенциалов полуэлемента. — М.: Росавтодор, 2011. — 35 с.
16. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. — М.: ФГУП ЦПП, 2003. — 27 с.
17. ГОСТ 26633-91. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. — М.: Стандартинформ, 2005. — 17 с.

INVESTIGATION OF CONCRETE LOCK CHAMBER VOLGOGRAD HYDROUNIT

Shipping locks of Volgograd hydrounit are operated for more than 55 years, with the concrete structures of hydraulic structures are exposed to different loads, changing over time. Test equipment installed at gateways, morally and physically obsolete, part of it is out of order, since the design and construction of locks changed and regulatory requirements governing the safe operation of locks. Detailed study of the properties of concrete lock chambers was performed to assess the real state of reinforced concrete structures. We used two groups of methods: drilling-out and laboratory tests of concrete test samples (cores) and non-destructive methods of investigation. For the upper and lower chambers gateway number 31 determines the strength and protective properties of the concrete, the degree of corrosion of the reinforcement. It was found that in most of the samples exceed the design strength of concrete, reduced strength of concrete found in areas prone to leaching and frosty destruction. Concrete building structures gateway upper and lower camera number 31 is not carbonized. Structural reinforcement partially corroded, working on fitting no corrosion. In the presence of cells in the walls of a sufficient amount of defects associated with decompression and destruction of the concrete surface zones of weak concrete area does not exceed a depth of 20 - 40 cm. Over 55 years of operation, only hardened concrete structures.

Keywords: shipping locks, determination of strength and continuity of the concrete, compressive strength, carbonation rate, active rebar corrosion.

REFERENCES

1. Dzhons, R., and I. Fjekjeoar. *Nerazrushajushhie metody ispytanij betonov*. Trans. M.: Strojizdat, 1974.
2. Vasilev, P. I., Ju. I. Kononov, and Ja. N. Chirkov. *Zhelezobetonnye konstrukcii gidrotehnicheskikh sooruzhenij*. Kiev; Doneck: Vishha shkola. Golovnoe izd-vo, 1982.
3. Bazhenov, Ju. M. *Tehnologija betona*. M.: Izd-vo ASV, 2007.
4. Mailjan, R. L., D. R. Mailjan, and Ju. A. Veselov. *Stroitelnye konstrukcii: uchebnoe posobie*. 4-th ed. Rostov n/D: Feniks, 2010.
5. Shtengel, V. G. "General problems of technical diagnosis of non-metal building structures in explotable buildings and erections." *Magazine of Civil Engineering* 7 (2010): 4–9.
6. Ulybin, A. V. "On the choice of concrete strength inspection methods of ready-built structures." *Magazine of Civil Engineering* 4 (2011): 10–15.

7. Ulybin, A. V., S. D. Fedotov, and D. S. Tarasova. "Opredelenie prochnosti betona pri obsledovanii zdaniy i sooruzhenij." *Mir stroitelstva i nedvizhimosti* 45 (2012): 2–5.
8. Volzhskaja GJeS im. XXII sezda KPSS. Tehnicheskij otchet o proektirovanii i stroitel'stve: V 2 t. Tom 1. Osnovnye sooruzhenija gidrouzla. Ed. A. V. Mihajlov. M.-L.: Izd-vo «Jenergija», 1965.
9. GOST 28570-90. Concretes. Methods of strength evaluation on cores drilled from structures. M.: Standartinform, 2005.
10. GOST 12730.1-78. Concretes. Methods of determination of density. M.: Standartinform, 2007.
11. GOST 22690-88. Concretes. Determination of strength by mechanical methods of nondestructive testing. M.: IPK Izdatelstvo standartov, 1995.
12. GOST 31383-2008. Protection against corrosion of concrete and reinforced concrete constructions. Test methods. M.: Standartinform, 2010.
13. GOST 17624-2012. Concretes. Ultrasonic method of strength determination. M.: Standartinform, 2014.
14. GOST 22904-93. Reinforced concrete structures. Magnetic method for the determination of the thickness of concrete protection layer and the location of the reinforcement. M.: Standartinform, 2010.
15. ODM 218.3.001-2010. Rekomendacii po diagnostike aktivnoj korrozii armatury v zhelezobetonnyh konstrukcijah mostovyh sooruzhenij na avtomobil'nyh dorogah metodom potencialov polujelementa. M.: Rosavtodor, 2011.
16. SP 13-102-2003. Requirements for Inspection of Load-Bearing Structural Elements of Buildings and Structures. M.: FGUP CPP, 2003.
17. GOST 26633-91. Heavy-weight and concretes. Specifications. M.: Standartinform, 2005.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Комков Игорь Владимирович —
 Заведующий лабораторией комплексных
 обследований энергетических сооружений.
 Волгоградский филиал АО «НИИЭС»
kaf_gsk@gumrf.ru
Моргунов Константин Петрович —
 кандидат технических наук, доцент.
 ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
 адмирала С. О. Макарова»
morgunovkp@gumrf.ru
Семенников Алексей Викторович —
 Руководитель группы.
 Волгоградский филиал АО «НИИЭС»
kaf_gsk@gumrf.ru

INFORVATUON ABOUT THE AUTORS

Komkov Igor Vladimirovich —
 Head of the Laboratory of complex
 survey of energy facilities.
 Volgograd branch JSC «NIIES»
kaf_gsk@gumrf.ru
Morgunov Konsnantin Petrovich —
 PhD, associate professor.
 Admiral Makarov State University of Maritime
 and Inland Shipping
morgunovkp@gumrf.ru
Semennikov Aleksey Viktorovich —
 Team leader.
 Volgograd branch JSC «NIIES»
kaf_gsk@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 22 августа 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-5-97-103
УДК 622.271.5

А. Ю. Чебан

РАЗРАБОТКА РУСЛОВЫХ И ОБВОДНЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСКА И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

Гидромеханизированная подводная разработка полезных ископаемых получила в мире довольно большое распространение, при этом наиболее значительные объемы приходятся на добычу строительных горных пород. В Российской Федерации с помощью землесосных снарядов в основном разрабатываются месторождения песка и песчано-гравийных материалов. Данные полезные ископаемые потребляются в больших объемах при ведении различных видов строительных работ, а также в качестве сырья для производства многих строительных материалов. В Приморском крае значительная часть песка и песчано-гравийных материалов добываются из русловых или обводненных месторождений. В статье отмечаются