

УДК 626:691.5

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.148.2014.71020>

## АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ И СПОСОБОВ РЕМОНТА ПОДВОДНЫХ ЧАСТЕЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Вед. инж. Ю.А. Суханова,  
асп. В.В. Касьянов

## АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ І СПОСОБІВ РЕМОНТУ ПІДВОДНИХ ЧАСТИН ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Пров. інж. Ю.А. Суханова,  
асп. В.В. Касьянов

## REASONS OF THE UNDERWATER PART'S DAMAGE OF HYDRO TECHNICAL STRUCTURES AND WAYS OF THEIR REHABILITATION

Leading eng. J. Sukhanova,  
postgraduate student V. Kasyanov

*В статье на примере результатов обследования состояния Лопанской плотины (Украина, Харьков) рассмотрена актуальность разработки материала для подводного ремонта напорных граней бетонных плотин.*

*Разработка подобного состава станет альтернативой монтированию дорогостоящей опалубки, отсыпки перемычек при реконструкции грани действующих гидроузлов. В результате чего стоимость реконструкции снизится.*

**Ключевые слова:** реконструкция плотин, подводное бетонирование, пенетрирующие материалы

*У статті, на прикладі результатів обстеження стану Лопанської греблі (Україна, Харків), розглядається актуальність розробки матеріалу для підводного ремонту напірних граней бетонних гребель.*

*Розробка подібної суміші стане альтернативою монтуванню кошторисної опалубки, влаштуванню перемичок при проведенні реконструкції грани діючого гідровузлу. У разі чого кошторис реконструкції знизиться.*

**Ключові слова:** реконструкція греблі, підводне бетонування, пенетруючі суміші

*Based on Lopanska's dam (Ukraine, Kharkov) inspect the necessity of performing material for the concrete dam's headwall rehabilitation without dewatering was shown in this paper.*

*Performing the material can be alternative to installing temporary bulkheads or decking during dam's underwater rehabilitation and will make its price lower.*

**Keyword:** concrete dam rehabilitation, penetration materials

**Введение.** Срок эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) определяется по классу их капитальности и для бетонных плотин первого класса составляет не менее 100 лет. В связи с этим действующие нормативы предусматривают проектирование сооружений с большими коэффициентами запаса. Это позволяет их конструкциям воспринимать прикладываемые к ним нагрузки

и выдерживать возрастающие со временем напряжения в течение всего срока эксплуатации. Однако, как показал опыт эксплуатации и обследований бетонных плотин, во многих случаях преимущественно в их подводных частях или в переменном уровне образуются повреждения (рис. 1), обуславливающие досрочное проведение капитальных ремонтов.

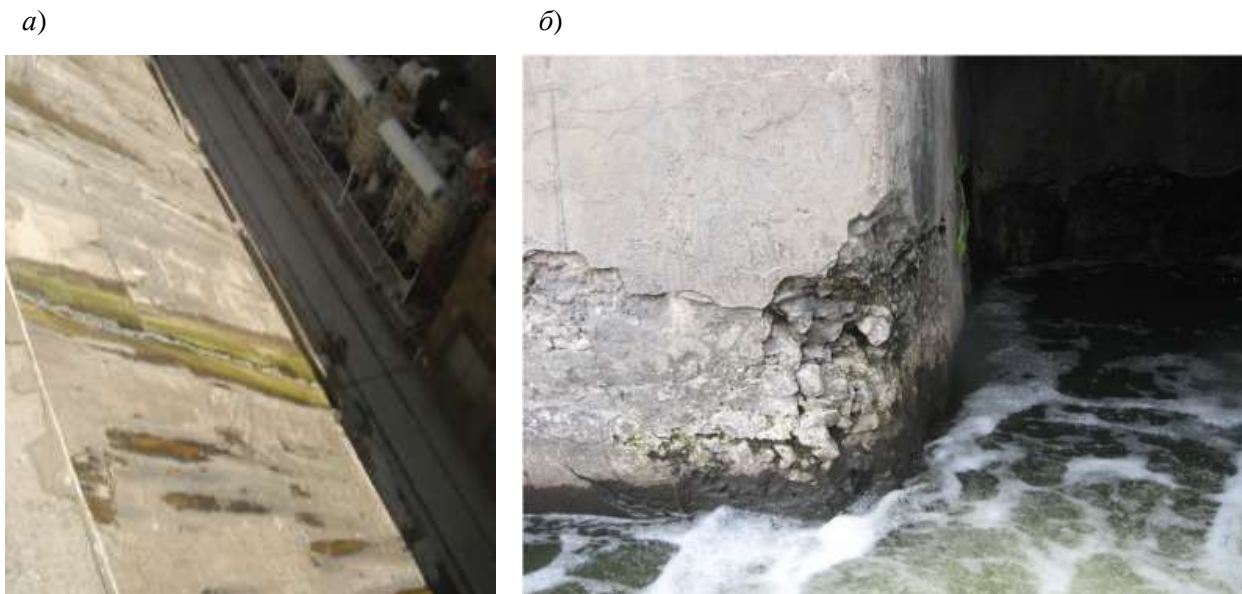


Рис. 1. Характерные повреждения напорных граней бетонных плотин: *а* – разрушение деформационного шва на напорной грани аванкамеры ДнепроГЭС (2012); *б* – разрушение поверхностного слоя бетона в зоне переменного уровня на быке левобережного устья Лопанской плотины (2013)

Причины преждевременного разрушения конструкций плотин можно свести к двум группам: недостаткам проектирования, включая назначение материалов и составов бетона и нарушениям технологии выполнения строительных и ремонтных работ. В обоих случаях имеет место несоответствие материала конструкции условиям эксплуатации. Исходя из этого разработка материалов для ремонта подводных частей гидротехнических сооружений, обладающих стойкостью в данных условиях эксплуатации, является актуальной задачей.

**Цель работы** – обоснование свойств материалов для ремонта подводных частей гидротехнических сооружений.

**Анализ условий эксплуатации и причин повреждений** подводных частей гидротехнических сооружений на примере Лопанской плотины в г. Харькове, обследованной в 2013 г. Гидроузел (ГУ) построен в 1931–1932 гг. на участке р. Лопань, примыкающем к городскому населенному пункту «Основа». ГУ расположен между Гончаровской и Жихарской плотинами. Как видно из рис. 2, плотина запроектирована по системе «Поаре» и представляет собой металлоразборную конструкцию с фермами «Поаре» из уголков (24 шт.), на которые опираются деревянные щиты «Буле»,

предназначенные для регулирования пропускной способности и поддержания напора ( $H = 3,0$  м). Правобережный и левобережный устои и фундаментная плита плотины выполнены из гидротехнического бетона.

Обследование было выполнено в составе визуального осмотра и инструментальных измерений, в т.ч. подводных частей с помощью водолазов. На снимках рис. 3, 4 отчетливо видно разрушение верхнего слоя бетона до обнажения крупного заполнителя на гранях устоев и в зоне переменного уровня воды. Глубина разрушения местами достигает 400 мм. При выбуривании и исследовании кернов (рис. 5) отмечено расслоение бетона, а также его более интенсивное разрушение в зонах холодных швов, через которые фильтровала вода. Физико-механические свойства бетона приведены в табл. 1, из которой видно, что водонепроницаемость бетона составляет значительно менее W2 при нормативном не менее W4.

При водолазном обследовании подводной части конструкций была обнаружена поперечная трещина фундаментной плиты. Глубина трещины и причина возникновения на данном этапе обследования не были установлены. Ее схематическое местоположение показано на рис. 6.

а)



б)



Рис. 2. Лопанский гидроузел: а – вид на плотину с нижнего бьефа ГУ; б – перелив воды через деревянные щиты «Буле», опертые на металлические фермы «Поаре»



Рис. 3. Левобережный устой Лопанской плотины (вид с нижнего бьефа)



Рис. 4. Правобережный устой Лопанской плотины (вид с нижнего бьефа)



Рис. 5. Отобранные из тела устоев плотины керны

Таблица 1

Свойства бетона тела устоев плотины

Участок	Прочность на сжатие, МПа	Водонепроницаемость, класс	Поверхностная прочность бетона, МПа	Средняя скорость ультразвука в бетоне, м/с	Средняя величина упругого отскока, ед.
УК-1	12,6	менее W2	0,42	4718	30,0
УК-2	19,9	-	0,35	4931	34,0
УК-3	17,8	-	0,28	3469	19,6
УК-4	9,9	менее W2	0,18	3585	29,6
УК-5	5,2	менее W2	0,04	3342	23,3
УК-6	19,7	менее W2	0,28	3396	29,4

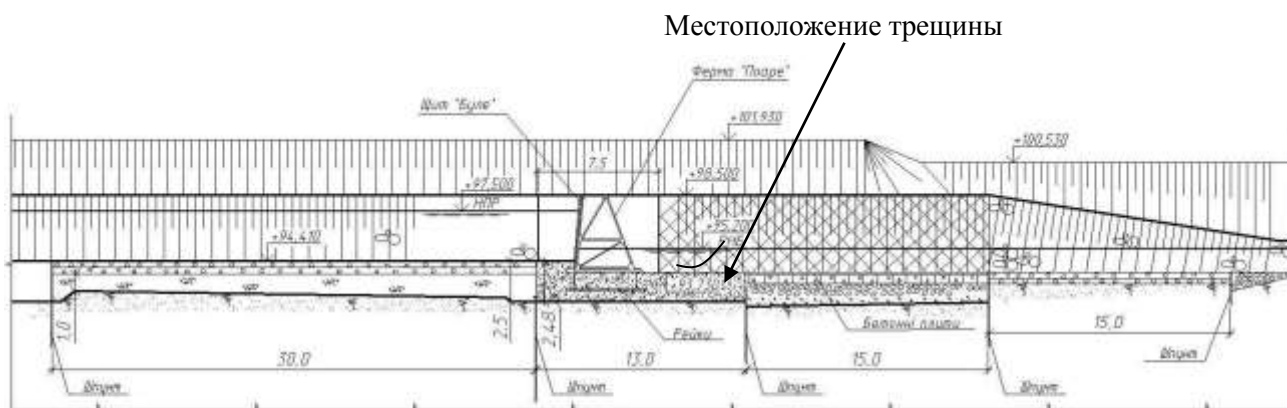


Рис. 6. Поперечный разрез Лопанской плотины

**Анализ способов ремонта подводных частей гидротехнических сооружений.** Для ремонта гидротехнических сооружений на рынке предлагается широкий диапазон материалов и технологий, среди которых нагнетание, пенетрирование, заделка расширяющимися составами. Эти способы обеспечивают заполнение пустот и макротрещин материалами, а тонких трещин, пор и капилляров – кристаллогидратами, повышающими марку по водонепроницаемости до W12 (практически непроницаемого состояния).

Примером такого ремонта является комплекс работ, выполненных при ремонте граней подводного канала Киевской ГАЭС (рис. 7):

- нанесение на подготовленную поверхность конструкции пенетрирующих

материалов «Ксайпекс концентрат» и «Ксайпекс модифайт»;

- выравнивание поверхности бетона «мокрым» торкретированием цементным раствором марки 400 с комплексной добавкой Adi-Con-CSF(R);

- нанесение защитного слоя гидроизоляционного раствора марки 300 на основе портландцемента марки 400 с комплексной добавкой Spray Con WS ST;

- грунтование полученной поверхности полимерной грунтовкой Праймер 300 и нанесение полимерного защитного покрытия Tuff Flex.

Ремонт проводился при сработке уровня воды до УМО +167.00 м, т.е. насухо.

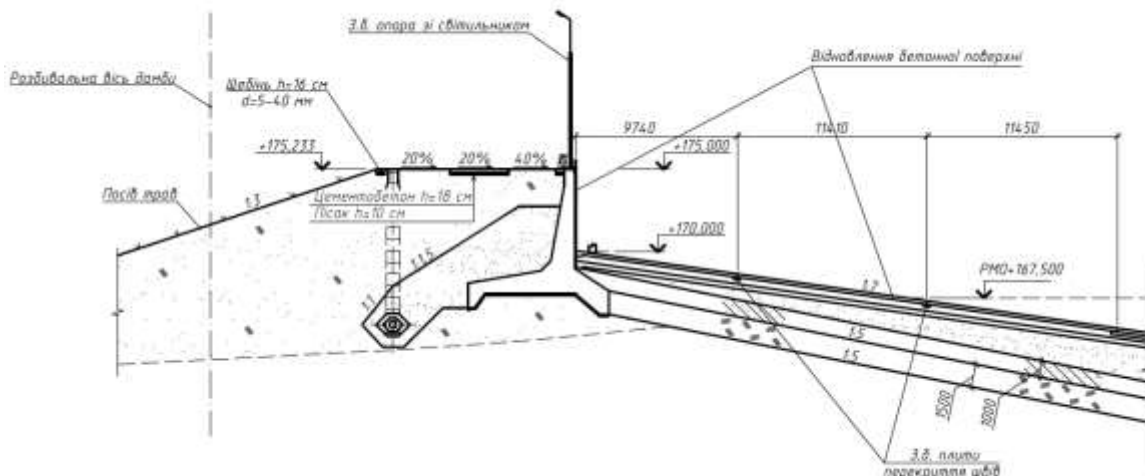


Рис. 7. Ремонт бетонной поверхности канала Киевской ГАЭС в зоне переменного уровня

Такой комплекс работ и материалов применим и для ремонта надводной части Лопанской плотины. Однако заделка таким образом обнаруженных в подводной части плотины вывалов и трещин трудноосуществима в связи со сложностью ее осушения. Спуск воды из верхнего бьефа невозможен, поскольку плотина создает напор для технического водоснабжения ТЭЦ-3. Строительство перемычки, обводного канала или перенос створа плотины существенно удорожат капитальный ремонт объекта.

Исходя из изложенного, ремонт подводных частей плотин должен заключаться

в заделке трещин и наращивании поврежденной поверхности до проектного профиля. При этом работы должны выполняться способами подводного бетонирования без применения опалубки и водоотлива с минимальной продолжительностью водолазных работ, а ремонтные материалы должны обеспечивать прочную связь между отремонтированным участком и основной конструкцией.

**Выводы и рекомендации.** Материалы для ремонта подводных частей гидротехнических сооружений должны быть пригодны для производства работ в подводных

## Будівельні матеріали, конструкції і споруди

---

условиях и характеризоваться высокими сцеплением с ремонтируемой поверхностью и водонепроницаемостью. Таким критериям могут соответствовать материалы на основе

глиноземистого цемента, характеризующиеся быстрыми схватыванием и твердением, способностью к расширению и практически полной водонепроницаемостью.

Рецензент д-р техн. наук, профессор А.А. Плагин

---

Суханова Юлія Андріївна, провідний інженер ТОВ «Гідротехпроект». Тел (095) 0438838. E-mail: jvine@mail.ru.  
Касьянов Володимир Володимирович, аспірант кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд,  
Українська державна академія залізничного транспорту. Тел. (050) 183 89 88; E-mail:  
kasyanov\_vladimir@gmail.com.

Juli Sukhanova, leading eng. from Ltd. «Hydrotechnoproject». Tel (095) 0438838. E-mail: jvine@mail.ru.  
Vladimir Kasyanov, Kharkov State Academy of Railway Transport, faculty of building materials and constructions,  
postgraduate. Tel. (050) 183 89 88; E-mail: kasyanov\_vladimir@gmail.com.