

УДК 621.22

Хлапук М. М., д.т.н., професор, Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент,
Безусяк О. В., к.т.н., доцент, Ясінська Л. Р., аспірант (Національний
університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

НАУКОВИЙ СУПРОВІД РЕМОНТНИХ РОБІТ НА ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ ІННОВАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Наведено результати досліджень адгезії ремонтних сумішей, використаних для відновлення внутрішнього облицювання відвідних водогонів на Дністровській ГАЕС та стану деформаційного шва будівлі Тишпрінської ГЕС в Сирії. Підтверджено ефективність та обґрунтовано доцільність використання сучасних композиційних матеріалів для виконання ремонтних гідроізоляційних робіт.

Ключові слова: гідроакуюча електростанція, тунель, адгезія, фільтрація, гідроізоляція, деформаційні шви, композиційні матеріали.

1. Дослідження адгезії ремонтних сумішей з бетоном на об'єктах Дністровської ГАЕС

Вступ. Рішення про добудову Дністровської гідроакуючої станції (ГАЕС) передбачало відновлення раніше побудованих тунелів, водогонів та інших гідротехнічних споруд. Результати обстежень вищезазначених споруд показали, що значна частина бетонної поверхні, зокрема стоянів та биків водовипускних отворів, внутрішнього облицювання тунельних водогонів тощо, вимагає виконання великого обсягу робіт по закриттю існуючих пошкоджень шляхом нанесення спеціальних цементно-піщаних сумішей з додатками-прискорювачами. Ці захисні покриття повинні відповідати вимогам щодо міцності та адгезії до корінного бетону.

Використання прискорювачів для цементно-піщаних сумішей робить процес відновлення бетонних поверхонь більш технологічним, а створені захисні шари покриття у повній мірі захищають бетон від негативної дії водного потоку.

Згідно діючих нормативів, після влаштування захисного покриття, необхідно виконувати перевірку адгезії захисних сумішей до бетону, на що звертається особлива увага при будівництві відповідальних гідротехнічних споруд.

Загальна характеристика об'єкту. Дністровська ГАЕС розташо-

вана на р.Дністер в 8-10 км нижче за течією м. Новодністровська [1, 2]. До складу Дністровського комплексу входять: Дністровський гідровузол з будівлею ГЕС-1, буферний гідровузол із будівлею ГЕС-2 та Дністровська ГАЕС (рис. 1). Нижньою водоймою для ГАЕС є буферне водосховище. Верхня водойма штучна, створена за допомогою огорожувальних дамб, розміщена на високому правому березі Дністра. ГАЕС має у своєму складі верховий портал з водоприймачем, підвідні водогони з горизонтальними ділянками та ділянками шахтного типу, будівлю ГАЕС, розміщену на понижених позначках по відношенню до нижнього б'єфу, відвідні водогони, водовипуск.

Верхня водойма розташована на вузькому ерозійному мисі, обмеженому долинами річок Дністер, Сокирянка та системою Волошківських ярів. Водойма створюється в напіввиїмці–напівнасіпї ґрунтів корисної виїмки: піску, суглинку, глини, вапняку.

Для забезпечення пуску 3-х гідроагрегатів (перший пусковий комплекс) у верхній водоймі за допомогою тимчасової дамби виділяється перша черга водойми для її заповнення водою.

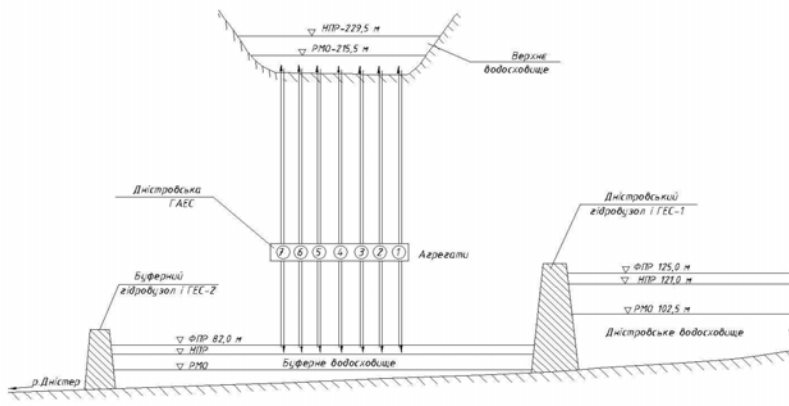


Рис. 1. Загальна схема Дністровського каскаду

Дослідження адгезії було виконано для зразків, відібраних в місцях відновлення бетонної поверхні: на водогоні № 2 донного водовідводу в зоні його підходу до водовипуску і на секції № 4 водовипуску (рис. 2).

Методика визначення адгезії ремонтних сумішей з бетоном

Дослідження адгезії виконано для двох об'єктів:

1 – відвідний водогін № 2. Для виконання робіт з відновлення бетонних поверхонь використано суміш на основі Sikagard 720 EpoCem та +

Sigunit 49 AF. Матеріал облицювання наносили на підготовлену поверхню згідно з «Рекомендаціями по проведенню ремонтних і гідроізоляційних робіт на залізобетонному напірному водогоні Дністровської ГАЕС». Рекомендації розроблено науковцями фірми SIKA, і вони відповідають нормативним вимогам, що діють у сфері гідротехнічного будівництва. Дослідні зразки у кількості 6 штук було відібрано відповідно до нормативних вимог (ГОСТ 28574-90) через 30 днів після виконання робіт;

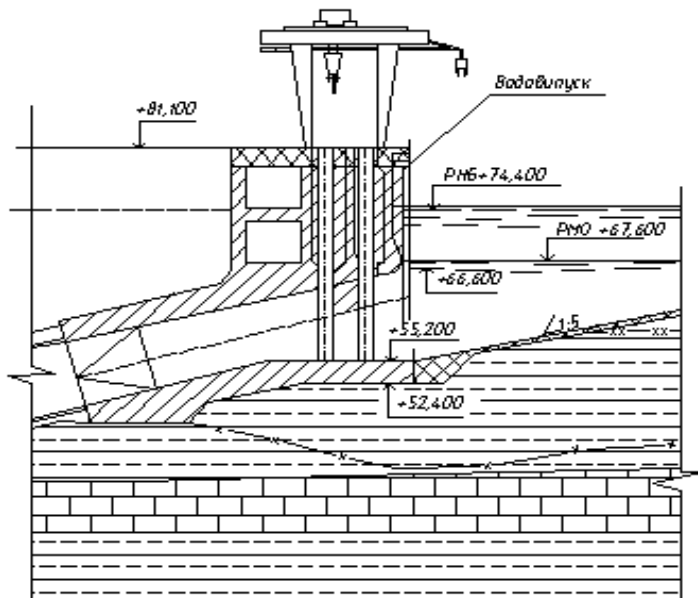


Рис. 2. Схема відвідного водогону та водовипуску

2 – секція № 4 водовипуску. Для виконання робіт з відновлення бетонних поверхонь було використано суміш на основі Sikagard 720 EpoSet. Ремонтні роботи виконано відповідно до нормативних вимог. Дослідні зразки в кількості 6 штук було відібрано аналогічним способом.

Визначення кількісних характеристик адгезії виконано на випробувальній машині *FP100/1*.

Перед механічними випробуваннями з визначення сили, необхідної для відриву ремонтної суміші від поверхні бетону, зразки було висушено до постійної маси. Вибрана шкала навантаження від 0 до 20 кН.

Адгезію ремонтної суміші до бетону, R_p [МПа], визначали за формулою

$$R_p = P/A, \quad (1)$$

де P – величина навантаження, кН; A – площа відриву (перерізу зразка), м².

Характеристика матеріалу облицювання. 1) Для відновлення бетонних поверхонь відвідного водогону № 2 використано цементно-піщану суміш з додатком трьохкомпонентної модифікованої композиції Sikagard 720 EpoCem та прискорювача для бетону Sigunit 49 AF (виробник підприємство Sika). Суміш наносили на підготовлену поверхню торкретним способом.

2) Для відновлення бетонних поверхонь секції № 4 водовипуску використано цементно-піщану суміш з додатком композиції Sikagard 720 EpoCem.

Композиційні матеріали, які застосовано при виготовленні ремонтних сумішей для відновлення бетонних поверхонь гідротехнічних споруд, відносяться до сучасних, широко апробованих матеріалів.

Результати визначення адгезії. Випробування відібраних на об'єктах зразків з визначення кількісних характеристик адгезії ремонтного шару цементно-піщаних сумішей з основою – підготовленою бетонною поверхнею, виконаною в лабораторних умовах. Результати випробувань зведено в журнали і наведено в таблицях 1 і 2.

Висновки. За результатами отриманими під час випробувань з визначення кількісних характеристик адгезії ремонтних сумішей з додатками композиційних матеріалів Sikagard 720 EpoCem та Sigunit 49 AF до бетону, що підлягає покриттю, з підготовленою поверхнею, можна зробити заключення, що границя міцності на розтяг по поверхні контакту відповідає задекларованим технічним показникам для даних матеріалів.

Журнал випробувань

з визначення міцності зчеплення лицьового шару бетону з основою

Вид випробувального обладнання: Випробувальна машина FP 100/1.

Дата проведення випробувань: 22 грудня 2008 року.

Вибрана шкала навантаження: від 0 до 20 кН.

Вид облицювання: основа – підготовлений бетон з чистою поверхнею; матеріал облицювання – суміш на основі Sikagard 720 EpoCem + Sigunit 49 AF.

Відбір проб та випробування зразків здійснено відповідно до ГОСТ 28574.

Місце відбору проб: відвідний водогін № 2 Дністровської ГАЕС.

Таблиця 1

Марка зразка (керн за №2)	Дата виготовлення	Границя міцності бетону облицювання при стиску $R_{ст}$, МПа	Площа відриву A , см ²	Вологість зразка	Величина навантаження P , кН	Границя міцності на розтяг R_p , МПа	Відхилення від середнього значення, %
1	20.11.08	26,0	29,2	Зразки, висушені до постійної маси	10,3	3,51	-3,9
2		26,8	35,2		12,9	3,65	-0,1
3		33,4	34,2		13,0	3,8	4,0
4		27,1	31,2		11,0	3,52	-3,7
5		28,3	30,2		11,4	3,79	3,7
Середнє значення:						3,65	

Журнал випробувань

з визначення міцності зчеплення лицьового шару бетону з основою

Вид випробувального обладнання: Випробувальна машина FP 100/1.

Дата проведення випробувань: 22 грудня 2008 року.

Вибрана шкала навантаження: від 0 до 20 кН.

Вид облицювання: основа – підготовлений бетон з чистою поверхнею; матеріал облицювання – суміш на основі Sikagard 720 EpoSem.

Відбір проб та випробування зразків здійснено відповідно до ГОСТ 28574.

Місце відбору проб: секція водовипуску №4 Дністровської ГАЕС.

Таблиця 2

Марка зразка (керн за № 4)	Дата виготовлення	Границя міцності бетону облицювання при стиску $R_{ст}$, МПа	Площа відриву A , см ²	Вологість зразка	Величина навантаження P , кН	Границя міцності на розтяг R_p , МПа	Відхилення від середнього значення, %
1	20.11.08	26,0	15,9	Зразки висушені до постійної маси	5,7	3,59	-1,8
2		26,8	18,8		7,1	3,78	3,4
3		33,4	18,1		6,9	3,82	4,5
4		27,1	16,6		6,4	3,85	5,4
5		28,3	17,3		6,6	3,79	3,7
Середнє значення:						3,77	

2. Дослідження роботи деформаційного шва будівлі Тишрінської ГЕС на річці Євфрат

Тишрінський гідровузел побудовано на річці Євфрат в Сирійській Арабській Республіці. До його складу входять: споруда ГЕС, земляна гребля, що перекриває основне русло річки Євфрат, підвідний канал для подачі води до гідроагрегатів ГЕС та до катастрофічного водоскиду, який примикає до будівлі гідроелектростанції з правої сторони і перегороджений земляною перемичкою з укріпленням верхового укосу бетонними плитами внапуск.

Види споруд гідровузла з верхнього та нижнього б'єфів і машинної зали ГЕС наведено на рис. 3-5.



Рис. 3. Вид гідровузла з верхнього б'єфу



Рис. 4. Вид гідровузла з нижнього б'єфу



Рис. 5. Машинна зала ГЕС Тишрінського гідровузла

Будівля ГЕС складається з трьох спарених секцій та правого і лівого стоянів. Ширина однієї секції – 55,4 м. Довжина секції від напірної стінки верхнього б'єфу (ВБ) до стінки нижнього б'єфу (НБ) складає 75,5 м. Позначка НПР – 325,00 м, ФПР – 328,00 м, рівень води НБ – 294,50 м, максимальний рівень води НБ – 304,20 м.

Найнижча позначка підшови греблі в місці розташування мокрої потерни складає 263,00 м. Позначка підшови греблі зі сторони ВБ – 268,50 м, позначка для оглядових галерей та шахти – 270,50 м.

Особливістю конструкції сумісної ГЕС є те, що водоскидний тракт проходить під машинною залою, тому підшва будівлі гідроелектростанції заглиблена і розташовується на відносно міцній скельній основі. В підшові земляної греблі залягають алювіальні відкладення.

Під час експлуатації гідровузла проблемним виявилось ущільнення шва № 2 між першою та другою секціями ГЕС. Максимальний розрахунковий напір на ущільнення шва зі сторони ВБ складає – 54,5 м. Шов має змінну ширину: в нижній частині секції від позначки підшови – 258,50 м до позначки – 287,50 м, ширина шва складає – 0,02 м, шов повністю по всій довжині від ВБ до НБ заповнено холодною асфальтною мастикою (рис. 6); у верхній частині, від позначки – 287,50 м до верху секції – позначка 329,00 м, шов пустотілий і має ширину – 0,5 м. Конструкцію контурного ущільнення зі сторони ВБ зображено на рис. 9 (розріз 1-1 зроблено нижче позначки 287,50 м, тобто в місці де шов має ширину 0,02 м; вище позначки 287,50 м ущільнення шва має аналогічну конструкцію (тип 4), однак ширина шва – 0,05 м і він пустоті-

лий). На напірній грані влаштовано порожнину, в якій розташовано залізобетонний брус клиноподібної форми (контурне ущільнення). На площину порожнини зі сторони шва нанесено шар холодної асфальтної мастики товщиною – 0,02 м, до якої напором води притискується брус. Інші поверхні порожнини двічі пофарбовано гарячим бітумом.

Зі сторони оглядової шахти, яка знаходиться на відстані біля 25 м від напірної грані, ущільнення виконано по типу 1 – шов перекрито трьома вертикальними повздовжніми діафрагмами на відстані 0,75 м одна від одної. Полотнища діафрагм по висоті з'єднувалися методом зварювання або стикування в наклад.

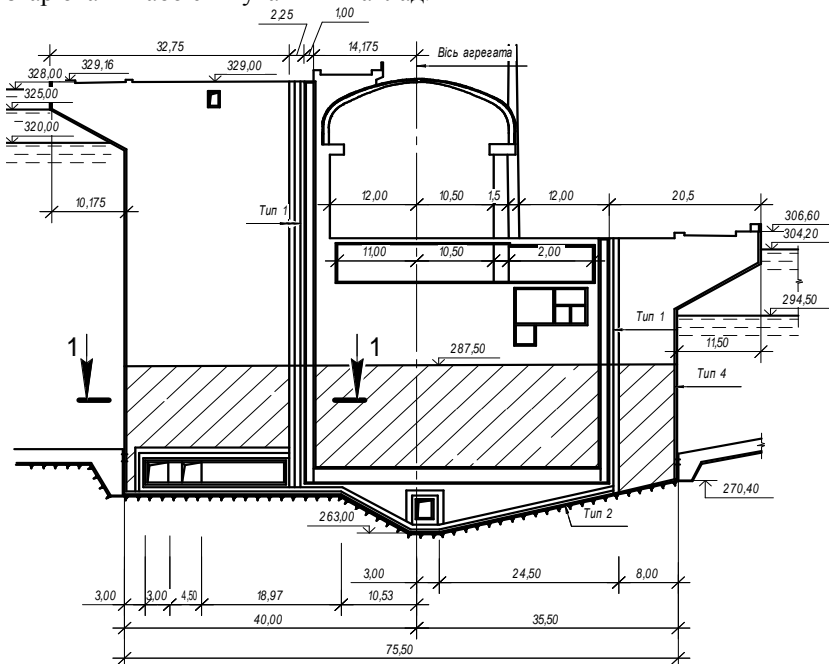


Рис. 6. Поперечний розріз по осі шва (розміри в м)

Натурними дослідженнями визначено та встановлено наступне: 1) динаміку відносних переміщень секцій № 1 і № 2 в поздовжньому (по осі греблі, Δx) та поперечному (по осі потоку, Δy) напрямках; 2) фільтраційну витрату в шві № 2 (фільтрація в інших швах незначна); 3) стан залізобетонного бруса зовнішнього ущільнення по типу 4 з боку ВБ по всій його підводній частині.

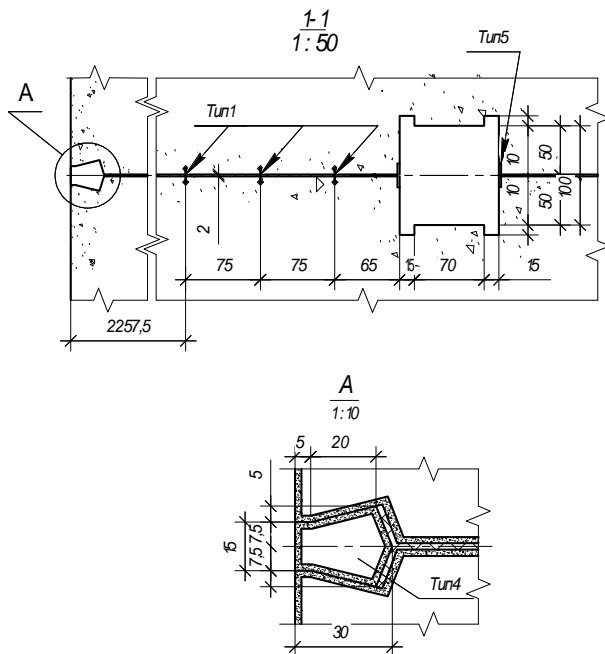


Рис. 7. Конструкція деформаційного шва (верхня частина)
(розміри в см)



Рис. 8. Реальний стан деформаційного шва (видно продукти корозії бетону)



Рис. 9. Акумуляція фільтраційної води, вимірювання її витрати та відбір проб для аналізу процесів корозії бетону

Результати вимірювання відносних переміщень секцій № 1 і № 2 показали, що перші значимі переміщення було зафіксовано в 1998 році. Протягом року вони змінюються й в значній мірі залежать від температурних градієнтів, що діють на масиви бетону секцій.

Підводна фотозйомка залізобетонного бруса, який закриває шов зі сторони ВБ, показала, що брус має руйнування, особливо значимі на проміжку між позначками 294,00 м і 311,00 м. У місцях примикання бруса до масиву секційного бетону зафіксовано щілини до 0,5 см і більше. На основі аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що розвантаження напруження в секціях, зумовлених температурними деформаціями та відносними переміщеннями секцій, відбулося на залізобетонному брусі та викликало руйнування його граней та появу протічних щілин.

Значиму фільтраційну витрату було зафіксовано у 2005 році. При чому зосереджене протікання води через шов у вертикальну шахту зафіксовано на позначці – 289,00 м (рис. 7). Якщо у 2005 році фільтраційна витрата складала 0,95 л/с, то максимальна фільтраційна витрата у 2007 році збільшилась до 6,52 л/с (для порівняння, максимальна зафіксована витрата в інших швах складає 0,071 л/с). Протягом року фільтраційна витрата змінюється через закриття шва внаслідок температурних деформацій в літній період (мінімальна витрата у 2007 році – 1,26 л/с) та відповідне розкриття шва у зимовий період (рис. 8 і 9).

Поява фільтраційної витрати лише через певний час після виникнення значимих деформацій та граней залізобетонного бруса поясню-

ється тим, що продавлення гумових діафрагм ущільнення типу 1 (рис. 7) відбулося не відразу. В часі полотнища гумових діафрагм під дією гідростатичного напору були зруйновані, можливо в місцях зварювання полотнищ або за причини неякісного їх з'єднання в напуск.

Висновок. З метою попередження розвитку негативних процесів руйнування ущільнення шва необхідно провести ремонтні роботи згідно нормативних вимог [3-6]. Пропонується виконати свердловину діаметром не менше 0,15 м по усіх швах на відстані 1-2 м від напірної грані до позначки підосви греблі, та заповнити її сучасним протифільтраційним композиційним матеріалом.

1. Поташник С. И., Рассовский В. Л., Жук А. П., Мартинчик В. Ф., Бондаренко Ю. Н. Пуск первого гидроагрегата Днестровской ГАЭС // Гідроенергетика України. – 2009 . – № 3. – С. 6-16. 2. Вайнберг О. І., Хлапук М. М., Рябенко О. А., Шинкарук Л. А. Дністровська ГАЕС: нові досягнення гідроенергетики України в гідротехнічному будівництві // Гідроенергетика України. – 2009. – № 3. – С. 21-25. 3. Гидроизоляция энергетических сооружений. Нормы проектирования. ВСН 97-70. – Л. : Энергия, 1972. – 86 с. 4. Противофильтрационные уплотнения деформационных швов гидротехнических сооружений. – Л. : Энергия, 1973. – 39 с. 5. Рекомендации по обеспечению прочности и плотности горизонтальных строительных швов массивных напорных сооружений. П 16-74. – Л. : Энергия, 1975. – 16 с. 6. Щавелев Н. Ф. Уплотнение швов массивных гидросооружений. – Л. : Энергия, 1970. – 136 с.

Рецензент: д.т.н., професор Рябенко О. А. (НУВГП)

Hlapuk M. M., Doctor of Engineering, Professor, Shynkaruk L. A., Candidate of Engineering, Associate Professor, Bezusyak O. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Yasinska L. R., Post-graduate Student (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

SCIENTIFIC SUPPORT OF HYDRO POWER ENTERPRISES REPAIRS WITH APPLICATION OF MODERN INNOVATIVE MATERIALS

The adhesive properties of the mixtures used to repair the inner lining outlet water pipes of the Dniester HPSS and the condition of the expansion joint of the Tyshynsk hydroelectric power plant building in Syria are studied. Confirmed the effectiveness and feasibility of using

advanced composite materials for realization of the waterproofing work.

Keywords: hydroaccumulating powerplant, tunnel, adhesion, filtration, waterproofing, expansion joints, composite materials.

Хлапук Н. Н., д.т.н., профессор, Шинкарук Л. А., к.т.н., доцент, Безусьяк А. В., к.т.н., доцент, Ясинская Л. Р., аспирант
(Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

НАУЧНОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Приведены результаты исследований адгезии ремонтных смесей, использованных во время ремонта внешней облицовки водоотводных туннелей Днестровской ГАЭС и состояния деформационного шва Тишринской ГЭС в Сирии. Подтверждена эффективность и обоснована целесообразность использования современных композиционных материалов для выполнения ремонтных гидроизоляционных работ.

Ключевые слова: гидроаккумулирующая электростанция, туннель, адгезия, фильтрация, гидроизоляция, деформационные швы, композиционные материалы.
